



**THIZA FALQUETO ALTOÉ**

**SUSTENTABILIDADE DE PLANTAÇÕES DE  
CANDEIA (*Eremanthus erythropappus* (DC.)  
MacLeish) NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE  
ÓLEO ESSENCIAL**

**LAVRAS – MG  
2012**

**THIZA FALQUETO ALTOÉ**

**SUSTENTABILIDADE DE PLANTAÇÕES DE CANDEIA (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. JOSÉ ROBERTO SOARES SCOLFORO

Co-orientadora

Dra. MARIA DAS GRAÇAS CARDOSO

**LAVRAS – MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Altoé, Thiza Falqueto.

Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) na produção e qualidade de óleo essencial / Thiza Falqueto Altoé. – Lavras : UFLA, 2012.

153 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: José Roberto Soares Scolforo.

Bibliografia.

1. Desrama. 2. Densidade de plantio. 3. Produto florestal não madeireiro. 4. Variáveis dendrométricas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97355

**THIZA FALQUETO ALTOÉ**

**SUSTENTABILIDADE DE PLANTAÇÕES DE CANDEIA (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ÓLEO ESSENCIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de fevereiro de 2012

Dra. Maria das Graças Cardoso      UFLA

Dr. José Marcio de Mello              UFLA

Dr. José Roberto Soares Scolforo  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2012**

*A Deus, aos meus pais, Olga e Rubinho; aos meus Irmãos, Bê e Tô e ao Gabriel:*

*tradução do que é o amor em todas suas nuances.*

*As Irmãs do Colégio São José e ao Laércio e família.*

*A todos meus professores, desde a pré-escola à faculdade, todos fizeram parte  
desta conquista.*

*E aos amigos Vanessa, Clarissa, Fernanda, Tathy, Thiago, Milene e Marcos.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que esteve sempre ao meu lado, me dando a certeza de que o melhor caminho sempre foi o certo! Agradeço-O ainda pela vida e pelas “conversas” do dia-a-dia.

Aos meus pais, que me moldaram deste jeito, que confiaram em mim e me entregaram para o mundo aos onze anos, para eu ter acesso a um ensino de melhor qualidade. Devo-lhes todo meu conhecimento, minhas conquistas, o que sou hoje. Apesar da distância sempre presente, nada mudou em nossa ligação, nem a importância de cada ensinamento que vocês me deram. A saudade me dá forças para querer ser alguém melhor, também por vocês!

Aos maninhos...saudades, também. Pessoas que sempre me protegeram e me deram apoio. Amo vocês Bê e Tô!

Às Irmãs do Colégio São José e ao Laércio e família, que me deram abrigo e apoio nos passos muito importantes que dei. Serei eternamente grata!

Ao professor Scolforo, pela ajuda, pelos ensinamentos e, principalmente, pelo exemplo tanto como pessoa, como profissional. Admiro sua competência, inteligência e disposição.

Agradeço à professora Graça por todos os ensinamentos e apoio. Além de ter sido essencial para a realização deste trabalho, mostrou-me que a caminhada com amigos é sempre mais produtiva.

Aos amigos do Departamento de Química: Lucilene, Juliana A., Juliana V., Léo, Wilder, Felipe, Cíntia, Maria Luiza, Laize, Christiane, Bispo, Cleusa, Etieny, João, sensibilizada agradeço. De forma especial agradeço ao Marcos, pelas discussões estatísticas, e a Mileninha pelas discussões químicas, e incondicional apoio.

Agradeço à professora Aninha Machado, a imensa ajuda. Tem toda minha gratidão. Sou encantada com sua bondade e disposição em ajudar.

Ao Claret, sempre presente em todo o trabalho, ajudando-me incondicionalmente.

A Gláucia, Elizabeth, Lívia, Francisca, Thaisa, José Carlos (lá de Lavras), Vanete, Márcia, Aline e Wilson, a caminhada seria muito mais difícil sem vocês. Agradeço, também, às pessoas do LEMAF, que contribuíram direta ou indiretamente, em especial ao Liliano.

Ao professor José Márcio pelos conselhos, amizade e confiança. Aos professores Soraya, Lucas, Donizette, Gustavo, Akira, Davide, Josi e Adelir, que contribuíram para a confecção deste trabalho e o meu crescimento.

Ao professor Marco Aurélio não só pela ajuda nas análises e ensinamentos, mas também por me passar a calma e a certeza de que daria certo. Aos Professores Paulo Bola e Daniel Furtado, pelo tempo dispensado para tirar minhas dúvidas sobre o trabalho.

Ao Gabriel, que sempre esteve comigo, pelo apoio e por nunca desistir de mim. Agradeço pela paciência e, principalmente, pelo amor. Amor este, que me completa, que me sustenta e que me mostra que o resto da vida quero passar ao teu lado. Te amo.

A Vanessa, pessoa que se doa por completo para ajudar o próximo. Muito obrigada por sempre estar ao meu lado!

A Bel, Luiz Henrique, Nambuquinho, Vinícius, Sérgio, Bob e Aninha, agradeço pela convivência, por participarem do meu crescimento e por fazer a caminhada ser mais branda, ou mais emocionante; ao Álvaro, pela ajuda e amizade.

Aos amigos Thiago, Allan, Willian, Clarissa, Juliana Lima, Nath o meu carinho.

A toda a minha família que sempre torceu e acreditou em mim.

À minha família paulista Cidão, Cidinha, Fê, Felipe e Lalá, anjos em minha vida. Amo vocês.

Aos meus “filhos” Nathalia, Kalill, Bruno A., Bruno C., Baletinha (Marcel), Iasmim, Thiago Danapa, Ferraço, Anani, Priscila, Matheus Emerson, Edson, Moreira e aos estagiários de campo, pessoas maravilhosas com quem mais aprendi do que ensinei. Muito obrigada por toda a ajuda e pela dedicação em realizar um trabalho bem feito, estou certa de que serão excelentes profissionais.

Ao Departamento de Ciências Florestais. À Capes, pelo apoio financeiro essencial por viabilizar meu mestrado.

Agradeço a todos do laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira e da UEPAM, que ajudaram e disponibilizaram a estrutura e material, para a realização de algumas etapas deste trabalho.

*À árvore de forma especial deixo todo meu apreço e  
reconhecimento, pois dela tirei meu sustento,  
mostrarei minha competência e saldarei meu débito  
com a humanidade, ajudando a manter viva quem nos  
mantém: a natureza!*



## RESUMO

Este trabalho objetivou analisar as variáveis dendrométricas, a produção e composição química do óleo essencial de candeia, *Eremanthus erythropappus*, plantada. As árvores foram obtidas de um experimento com 9 anos de idade localizado no município de Carrancas/MG, disposto no delineamento em blocos casualizados, com dois fatores, em esquema de parcelas subdivididas, que possui quatro blocos, quatro tratamentos, sendo estes espaçamentos de plantio, (1,5x1,5m; 1,5x2,0m; 1,5x2,5m e 1,5x3,0m) e dois subtratamentos, com e sem a prática de desrama. Foi utilizado o método da árvore média, para escolha das 64 árvores (duas por subtratamento), que foram cubadas pelo método de Huber. Destas árvores foram retirados cinco discos, igualmente espaçados no tronco, relativos à altura comercial, para extração de óleo essencial. Foi utilizado o método de hidrodestilação com duas, quatro, seis e oito horas de extração. Analisaram-se os dados através de análise de variância, regressão e análise multivariada. Concluiu-se que a desrama favoreceu o crescimento em altura total da candeia. A massa seca e volume, individual e por área, das plantas de candeia não sofreram interferência da variação da densidade de plantio e prática de desrama e apresentaram alta variabilidade. As plantas do menor espaçamento apresentaram menor DAP e quantidade de óleo essencial por indivíduo em relação às plantas do maior espaçamento, e os espaçamentos intermediários foram iguais entre si para as duas variáveis, porém, isto não provocou diferenças de rendimentos por hectare. Os rendimentos de óleo essencial por massa, por volume e por área, não sofreram interferência significativa, do espaçamento de plantio e da prática da desrama. A produção de óleo essencial variou de 146,6 Kg/ha a 189,9 Kg/ha, com média geral de 168,6 Kg/ha para a candeia com casca. O rendimento de óleo essencial da casca foi de 0,0083%, em relação à massa seca de casca, o que é considerado muito baixo. O rendimento, em relação à massa seca de madeira para a candeia, sem casca, foi de 0,97% e, considerando a casca, 0,89%. O óleo essencial de candeia apresentou como principais compostos o  $\alpha$ -bisabolol, o óxido de  $\alpha$ -bisabolol, eremanthin e espatulenol, encontrados em todas as amostras. As concentrações de  $\alpha$ -bisabolol e espatulenol diminuíram com o aumento do tempo de extração, o óxido de  $\alpha$ -bisabolol teve comportamento crescente até quatro horas de extração e depois deste período foi decrescente, e o eremanthin aumentou sua concentração com o aumento do tempo de extração. Os espaçamentos de plantio, a desrama e as características químicas do solo não influenciaram na composição do óleo essencial. A concentração média de  $\alpha$ -bisabolol, em relação ao rendimento de óleo essencial é de 88,85%, sendo que seu teor no óleo essencial varia em média, de 94% para o tempo de duas horas de extração, até 83% para o intervalo de seis e oito horas de extração. O tempo mínimo de extração de óleo essencial da madeira de candeia deve ser de 6,5 horas e o máximo de 12,5 horas.

Palavras-chave: Desrama. Densidade de plantio. Produto florestal não madeireiro. Variáveis dendrométricas.

## ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the dendrometric variables, production and chemical composition of the essential oil of planted *Eremanthus erythropappus*. The trees were obtained from a nine-year old experiment in the city of Carrancas/MG, which was settled in randomized block design with four blocks and two factors in split-plot scheme. The treatments were the planting space (1,5x1,5m; 1,5x2,0m; 1,5x2,5m e 1,5x3,0m) and two sub-treatments were also implemented, with and without pruning. The average tree method was used to select 64 trees (two for each sub-treatment), which were scaled by the Huber method. Five disks were removed from these trees, equally spaced along the trunk in relation to the commercial height, for oil extraction. We used the method of hydrodistillation with two, four, six and eight hours of extraction. The data were analysed using analysis of variance, regression and multivariate analysis. It was concluded that pruning favored the growth in trees total height. The dry mass and volume of the trees, per plant individual and per hectare, did not suffer interference from the variation of planting density and pruning, showing high variability. The smallest plant spacing showed lower values of DAP and oil per individual tree in relation to the greatest spacing, the intermediate spacings were equal to each other for the two variables, but this did not result in differences in the yield per hectare. The oil yields, analysed per weight, per volume and per area, did not suffer significant interference by the planting spacings and pruning. Oil production in trees with bark ranged from 146.6 kg/ha to 189.9 kg/ha, with overall average of 168.6 kg/ha. The yield of oil in the bark was very low, 0.0083%, in relation to the bark dry weight. The yield regarding the barkless wood dry mass was 0.97%, and considering the bark, it was 0.89%. The essential oil of *E. erythropappus* presented as main compounds  $\alpha$ -bisabolol,  $\alpha$ -bisabolol oxide, and spathulenol and eremanthin found in all samples. The concentrations of  $\alpha$ -bisabolol and spathulenol decreased with increasing extraction time; the  $\alpha$ -bisabolol oxide behaved increasing up to four hours of extraction and, after this period, decreased; and eremanthin's concentration increased with increasing extraction time. Planting spacing, pruning and soil chemical characteristics did not influence the oil composition. The average concentration of  $\alpha$ -bisabolol in relation to the oil yield is 88.85% and its content in the oil varies, ranging from 94% for the duration of two hours of extraction, up to 83% in six to eight hours of extraction. The minimum extraction time of the oil from the wood must be 6.5 hours and the maximum of 12.5 hours.

Keywords: Pruning. Planting density. Non-wood forest products. Dendrometric variables.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Descrição da espécie .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Óleo essencial .....</b>	<b>22</b>
<b>2.3</b>	<b><math>\alpha</math>-bisabolol .....</b>	<b>29</b>
<b>2.4</b>	<b>Manejo e produção de óleo essencial para candeia nativa.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5</b>	<b>Influência da densidade de plantio na produção de óleo essencial.....</b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2</b>	<b>Densidade básica.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3</b>	<b>Variáveis dendrométricas .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>54</b>
<b>3.4</b>	<b>Óleo essencial da candeia .....</b>	<b>55</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>61</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Análise de regressão do rendimento em óleo essencial e tempo de extração.....</b>	<b>62</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise da composição química do óleo essencial .....</b>	<b>66</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Análise estatística da composição química do óleo essencial.....</b>	<b>67</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Análise de regressão do rendimento de <math>\alpha</math>-bisabolol e tempo extração.....</b>	<b>68</b>
<b>3.6</b>	<b>Amostragem do solo .....</b>	<b>68</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Análise multivariada da composição do solo e do óleo essencial.....</b>	<b>69</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>71</b>
<b>4.1</b>	<b>Densidade básica do lenho e da casca .....</b>	<b>71</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise das variáveis dendrométricas.....</b>	<b>78</b>
<b>4.3</b>	<b>Óleo essencial da candeia .....</b>	<b>98</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Análise de regressão do rendimento em óleo essencial e tempo extração.....</b>	<b>113</b>

<b>4.4</b>	<b>Composição química do óleo essencial de candeia plantada.....</b>	<b>115</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Análise de regressão do rendimento de <math>\alpha</math>-bisabolol e tempo extração.....</b>	<b>127</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>136</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>138</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração da candeia e comercialização de seus produtos são atividades geradoras de renda, que por muito tempo consistiram em práticas predatórias. Porém, o sistema de manejo para essa espécie vem sendo consolidado ao longo dos anos, principalmente, com estudos realizados pela equipe do Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal - LEMAF da Universidade Federal de Lavras – com o apoio do Instituto Estadual de Florestas/MG tanto para as áreas onde sua ocorrência é natural, como para plantios puros ou mistos, que visam um uso comercial planejado (SCOLFORO et al., 2008a).

O atrativo deste gênero, em particular a espécie *Eremanthus erythropappus* é a qualidade de sua madeira para a produção de moirões e para extração de óleo essencial devido ao alto teor de  $\alpha$ -bisabolol. Este composto é utilizado nas indústrias de cosméticos, alimentícia e de fármacos devido às suas propriedades antimicóticas, dermatológicas, bactericidas, anti-inflamatórias, antiespasmódicas, antialérgicas entre outras.

Todas as partes da planta possuem  $\alpha$ -bisabolol, porém para a extração comercial, o óleo essencial é retirado da madeira do tronco, por possuir maior rendimento e pureza. Há uma diversidade de espécies que possuem o  $\alpha$ -bisabolol na composição química de seu óleo essencial, mas comercialmente, este é extraído da candeia e da camomila.

Há de se ressaltar que outra fonte para a demanda de  $\alpha$ -bisabolol é o produto sintético, mas sua qualidade é inferior ao da candeia, pois o produto natural contém no mínimo 95% do isômero  $\alpha$ -bisabolol ativo, em contraposição ao produto sintético (mistura racêmica de álcool sesquiterpênico insaturado obtido de produtos intermediários na síntese da vitamina A), que contém 85-92% de bisabolol e, efetivamente, apenas metade do isômero ativo (-)

(SARFAM, INDÚSTRIA COMÉRCIO E IMPORTAÇÃO LTDA, 2012).

Entende-se que o manejo dos candeais nativos é uma prática de baixo impacto ambiental e uma importante fonte de renda alternativa para os agricultores. Entretanto, o plantio de candeia torna-se uma prática que vem a somar a este mercado, por garantir um produto natural mais homogêneo, já que as variações externas à planta serão de certa forma, controladas, permitir a previsão e garantia de madeira para extração, além de ser outra fonte de renda para os agricultores. O plantio de candeia, também, faz-se promissor por ser uma espécie nativa, com baixas exigências nutricionais, potencializando seu uso em áreas degradadas, impróprias para o cultivo agrícola.

Devido à produção de óleo essencial ser, além de uma característica genética, uma resposta da interação planta-ambiente, há de se investigar que características ambientais e práticas de manejo do povoamento, provocam um aumento na sua produção, associado ao ganho em biomassa da planta, para maiores rendimentos por área. Outro fator que influencia no rendimento do óleo essencial é a metodologia usada para extração, devendo esta ser padronizada para garantias de melhores rendimentos.

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho foi verificar a influência de práticas de manejo nas variáveis dendrométricas, na produção de óleo essencial e de  $\alpha$ -bisabolol, investigar a influência da composição química do solo, e do tempo de extração na composição química do óleo essencial, e verificar qual o melhor intervalo de tempo de extração, visando à produção de óleo essencial, e  $\alpha$ -bisabolol do lenho. Como objetivos específicos, tem-se: analisar a densidade básica e a densidade média ponderada da árvore, da madeira e da casca e sua variação de acordo com a densidade de plantio e desrama e, ao longo da árvore. Verificar a influência da densidade de plantio e prática de desrama, nas variáveis dendrométricas; verificar a influencia das variações químicas e físicas do solo, na composição química do óleo essencial

do lenho; analisar a interferência da densidade de plantio e da desrama na produção de óleo essencial e  $\alpha$ -bisabolol do lenho, por área, volume e por massa seca; determinar o comportamento dos componentes químicos do óleo essencial do lenho, de acordo com o tempo de extração; obter o teor de  $\alpha$ -bisabolol presente no óleo essencial do lenho de candeia, de acordo com o tempo de extração; determinar o rendimento médio do óleo essencial e a composição química do óleo essencial da casca, e definir o intervalo mais apropriado para a extração de óleo essencial, e  $\alpha$ -bisabolol do lenho.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Descrição da espécie

A candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish) é da Família Asteraceae, ocorre em altitudes de 900 a 1700m. É uma espécie colonizadora de campos abertos e áreas desmatadas, exigente de luz, heliófila, tem ampla distribuição geográfica, com sementes pequenas e abundantes, e seu ciclo de vida, é relativamente, longo. Estas características lhe conferem grande capacidade de disseminação, ocupando porções de terra consideráveis e homogêneas.

Pertence ao gênero *Eremanthus*, composto por 18 espécies (MACLEISH, 1987), dentre as quais as duas espécies de maior interesse econômico são a *Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish e a *Eremanthus incanus* (Less.) Less. Elas ocorrem na forma de aglomerados, maciços de candeia, os chamados candeais, e apresentam ampla distribuição, principalmente, no estado de Minas Gerais.

É uma espécie endêmica do Brasil, presente na Mata Atlântica e Cerrado, que ocorre nos estados da região sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo de Rio de Janeiro) e centro-oeste, no estado de Goiás e no Distrito Federal (LOEUILLE, 2012). Em Minas Gerais, sua ocorrência, em candeais, forma uma ampla faixa de nordeste ao sul do estado e segue em sentido oeste (Figura 1).

As folhas são alternas ou fasciculadas. Na face abaxial foram observados tricomas tectores do tipo ramificado em profusão, o que justifica o aspecto esbranquiçado das folhas a olho nu devido à reflexão da luz. Anatomicamente, as folhas de *E. erythropappus* apresenta estruturas tipicamente xeromorfas, que, certamente, contribuem para uma proteção mecânica e química foliar para a adaptação desta espécie no seu ambiente natural. A associação de

tricomas tectores e glandulares proporcionam a proteção das folhas de candeia-da-serra a fatores abióticos e bióticos do ambiente, sendo o óleo essencial fundamental devido a sua localização nas duas faces da lâmina foliar (DUTRA et al., 2010).

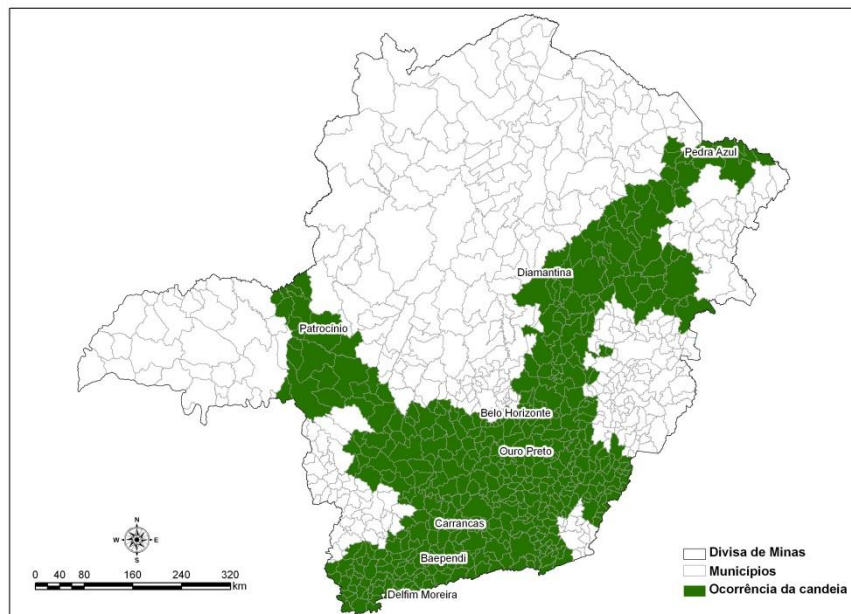


Figura 1 Área de ocorrência da candeia no estado de Minas Gerais

A época de florescimento é de julho a setembro, período seco e úmido do ano, e sua frutificação e dispersão ocorrem no período de elevação da temperatura, de agosto a setembro e estende-se aos meses de outubro e novembro, quando ocorre o início do período das chuvas. Suas flores, presentes na forma de inflorescência são hermafroditas, apresentam-se na cor púrpura, com grande quantidade de pólen viável e néctar, atrativos as abelhas, principalmente, as das espécies *Apis mellifera* e *Trigona sp* (VIEIRA; FAJARDO; CARVALHO, 2009).

Suas sementes são pequenas e numerosas, as quais formam banco de

sementes que, quando com a combinação de luz plena, solo descoberto e umidade germinam intensamente na área. Para processo de plantio recomenda-se a utilização de soprador de fluxo de ar, para sementes dessa espécie, uma vez que elas apresentam grande número de sementes chochas (FEITOSA et al., 2009).

Sua madeira possui uma cor clara e um cheiro bem característico, devido à presença do seu óleo essencial, e é considerada resistente, pois sua densidade é alta. Segundo Pérez (2001), a faixa de densidade para esta espécie situa-se entre 0,60 e 0,78 g/cm<sup>3</sup>, com uma predominância deste valor se situar entre 0,63 e 0,71 g/cm<sup>3</sup>. Apresenta grã reversa, parênquima axial bastante escasso, parênquima radial bastante fino e elementos de vaso com pontoações pouco numerosas e muito pequenas, óleo-resina presente e placas de perfuração simples. As Fibras são curtas e com parede celular bastante espessa (MORI et al., 2010).

Em seu trabalho, Mori et al (2010) encontraram para a composição química 20,89% de extrativos totais, 50,52% de holocelulose, 28,59% de lignina e 0,39% de constituintes inorgânicos. A densidade aparente foi de 0,98 g/cm<sup>3</sup> e a densidade básica de 0,79 g/cm<sup>3</sup>, sendo a madeira moderadamente pesada. O coeficiente de anisotropia foi igual a 1,91 e o coeficiente de retratibilidade volumétrica, 0,28%.

As árvores de candeia apresentam anéis de crescimento caracterizados pela alternância de lenhos inicial e tardio, demarcados por zonas fibrosas e fina linha de parênquima marginal. Apresentam também significativa variação das dimensões e frequência dos vasos no sentido radial e potencialidade, para a aplicação em dendrocronologia, como exemplo, determinação da idade e da taxa de crescimento das árvores (CHAGAS; TOMAZELLO FILHO; LISI, 2007).

A *Eremanthus erythropappus* se desenvolve em sítios com solos pouco férteis, rasos, com acidez elevada, alta saturação de alumínio e baixa saturação

de bases (SILVA, 2001) prefere solos pedregosos, mas se desenvolve bem em solos arenoso (ARAÚJO, 1944; RIZZINI, 1979), e como Cândido (1991) afirmou, isso não significa que ela não se desenvolva bem em solos melhores.

Pereira (1998) e Venturin et al. (2005) avaliaram o requerimento nutricional da candeia ao nível de casa de vegetação, analisando o crescimento em altura e diâmetro, e a quantidade de matéria seca produzida pela parte aérea e pela raiz. Pereira (1998) ainda avaliou a tortuosidade do caule. Estes autores concluíram que a ausência de fósforo (P) e nitrogênio (N) não permitem o desenvolvimento da planta, e a presença de zinco (Zn) atrapalha o seu crescimento. Pereira (1998) ainda verificou que na ausência de boro (B) foram gerados fustes mais tortuosos. Venturin et al. (2005) verificaram também que a testemunha, cujo solo era um Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade, não permitiu o desenvolvimento da candeia.

A candeia forma candeais, embora ocorra no meio da mata e, também, de maneira rara, no meio da espécie *Baccharis* sp. Apesar de não ser exigente em relação à fertilidade do solo, a ocorrência da espécie está mais relacionada à disponibilidade de luz. Em matas com estágio sucessional mais avançado, ocorrem indivíduos de candeia maiores e com fustes mais retilíneos. Tal fato se deve a maior competição da candeia com outras espécies pelo fator luz, o que ocasiona, também, a falta de regeneração de candeia neste ambiente, já que são matas fechadas. A candeia tem comportamento semelhante às demais espécies das florestas tropicais, apresentando menor esforço reprodutivo, à medida que a sucessão secundária alcança sua maturidade. Encontrar indivíduos mortos de candeia é comum, e se deve ao estágio sucessional de cada lugar, pois, à medida que a floresta secundária se desenvolve, os indivíduos de candeia têm sua luz reduzida, o que faz com que eles morram (SILVA, 2001).

Técnicas simples de manejo, como a abertura de clareiras (naturais ou artificiais), e o manejo em faixas, permitem a entrada de luz necessária,

principalmente no meio da mata, onde são encontrados os melhores indivíduos dessa espécie, e isso favorece o desenvolvimento da candeia em plena luz. Este desenvolvimento está relacionado, também, à estrutura das florestas, à topografia, ao solo de cada local e à camada de serapilheira, que formam um microambiente propício à conservação, germinação das sementes e ao estabelecimento das plântulas recrutantes (SILVA, 2001).

O candeal ocorre, em geral, nos locais onde os solos tornam-se gradualmente mais rasos, limitando o desenvolvimento da floresta. Na transição para os campos vizinhos, onde as árvores vão ficando mais espaçadas, a maior penetração de luz favorece o desenvolvimento de um estrato herbáceo bastante inflamável. Assim, os candeais funcionam como uma espécie de tampão anti-fogo para as florestas, devido principalmente ao súber espesso, que tornam as árvores do candeal resistentes a regimes moderados de incêndio. Há muito epifitismo sobre os troncos, com predominância de líquens e bromeliáceas – descrição de um candeal por Oliveira Filho e Fluminhan Filho (1999), em estudo com a vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, sul de Minas Gerais.

Pádua, Brandão e Carvalho (2011) descreveram os níveis de diversidade genética intra e interpopulacional de *Eremanthus erythropappus*, em populações naturais distribuídas no estado de Minas Gerais. A maior parte da diversidade genética encontra-se dentro das populações, porém com valor relativamente baixo em relação a outros estudos, o que leva, por outro lado, a uma alta diversidade genética entre as populações. O baixo nível de fluxo alélico pode ser reflexo do isolamento entre as populações, barreiras geográficas, fragmentação de habitats e intenso manejo das populações estudadas.

O estudo realizado por Moura et al. (2005) indicou que a candeia tem um elevado potencial evolutivo pois apresenta alta variabilidade genética. Com isso a reprodução por cruzamentos favorece à recombinação e à formação de

ampla variedade de genótipos, propiciando seu uso para a conservação e melhoramento genético.

Em relação ao ataque de fungos, Magalhães et al. (2008) verificaram que a taxa de colonização segue a seguinte relação: caule > folha > semente. Os gêneros *Xylaria* e *Phomopsis* são generalistas, pois foram encontrados em todos os tecidos analisados; os gêneros *Alternaria* e *Fusarium* foram encontrados nas sementes; o *Nigrospora* e o *Aspergillus* nas folhas e o *Dothiorella* no caule.

## 2.2 Óleo essencial

Além do metabolismo primário, responsável pela síntese de celulose, lignina, proteínas, lipídeos, açúcares e outras substâncias importantes para a realização das funções vitais, as plantas apresentam o chamado metabolismo secundário. Os vegetais produzem uma grande variedade de compostos orgânicos, que não possuem ação direta conhecida em seus processos vitais, como: fotossíntese, respiração, transporte de solutos, translocação, assimilação de nutrientes, diferenciação ou síntese de carboidratos, proteínas e lipídeos. Tais substâncias são conhecidas como metabólitos secundários (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Entre os metabólicos secundários, há um destaque para os óleos essenciais, devido à sua utilização crescente nas áreas de alimentos (condimentos, antioxidantes, aromatizantes de alimentos e bebidas), cosméticos (perfumes e produtos de higiene), no controle de microrganismos, agindo como: bactericidas, fungicidas e virucidas, e no controle de nematoides, insetos e parasitas.

Simões et al. (2007) definem os óleos essenciais como os produtos obtidos de partes de plantas, por meio de destilação por arraste com vapor d'água, bem como os produtos obtidos por expressão dos pericarpos de frutos

cítricos. De maneira geral, são misturas de substâncias orgânicas voláteis, de consistência semelhante ao óleo, definida por um conjunto de propriedades, entre as quais, destacam-se volatilidade, aroma agradável, solubilidade em solventes orgânicos apolares, entre outras. Assim, diferem dos óleos fixos, que são misturas de triacilglicerídeos, obtidos geralmente de sementes. São, também, denominados de essências, óleos etéreos ou óleos voláteis. Quando recentemente extraídos, são incolores ou ligeiramente amarelados; alguns podem apresentar coloração intensa, como o óleo de camomila que é azul intenso, devido à presença dos derivados do azuleno.

A intensidade de produção e a composição dos óleos variam acordo com a espécie, variabilidade genética, fatores ambientais, sendo, geralmente, específico para um determinado órgão e característico para o estágio de desenvolvimento da planta. Podem ser consideradas moléculas lipofílicas, de baixo peso molecular, constituídas de uma ou mais insaturações, instáveis à temperatura e à luz, podendo ser degradadas, ou sofrerem polimerização (GUIMARÃES et al., 2008).

Dependendo da família, os óleos essenciais são encontrados em diferentes estruturas, como em pêlos glandulares (Lamiaceae), canais oleíferos (Apiaceae), bolsas lisígenas ou esquisolisígenas (Pinaceae, Rutaceae) e células parenquimáticas diferenciadas (Lauraceae, Piperaceae, Poaceae), podendo estar presentes em diferentes órgãos da planta, como flores, caules, raízes, frutos, folhas, entre outros (BAKKALI et al., 2008; SIMÕES et al., 2007).

Nos vegetais, os óleos essenciais desenvolvem funções relacionadas com sua volatilidade, agindo na atração de polinizadores, na proteção contra predadores, patógenos, perda de água, aumento de temperatura e, também, desempenhando funções ecológicas, especialmente como inibidores de germinação. Essas características tornam as plantas que os produzem poderosas fontes de agentes biocidas.

Os constituintes dos óleos essenciais são agrupados em duas classes quimicamente distintas: terpenóides e fenilpropanóides (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997; SANTOS, 2004).

Os terpenóides são constituídos de duas ou mais moléculas de isopreno (Figura 2), ocorrendo de forma mais abundante nas espécies produtoras de óleo essencial. São frequentemente encontrados os monoterpênos, formados por duas moléculas de isopreno (cerca de 90% dos óleos essenciais) e os sesquiterpenos, formados por três moléculas de isopreno (ROBBERS; SPEEDIE; TYLER, 1997).

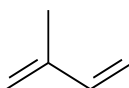


Figura 2 Estrutura química do isopreno

Os terpenóides são sintetizados no citoplasma via mevalonato. Esse é formado por condensação de uma unidade da acetoacetil-CoA com a acetil-CoA, seguida de uma hidrólise, formando o 3-hidróxi-3-metilglutaril-CoA (HMG-CoA). Em seguida, o HMG-CoA é reduzido por um processo que depende de NADPH e é catalisado pela HMGCoA-redutase à mevalonato que, por sua vez, é convertido em isopentenil-pirofosfato (IPP) e seu isômero dimetilalilpirofosfato (DMAPP) (SIMÕES et al., 2007) (Figura ).

Tem sido mostrado que a produção do IPP pode, também, ocorrer no cloroplasto (plastídios), pela via 1-deoxi-D-xilulose, conhecida como via DXPS. Essa via inicia-se com a condensação de uma molécula de piruvato e outra D-gliceraldeído-3-fosfato, formando a 1-deoxi-D-xilulose-5-fosfato; após sucessivas reações, são formadas as moléculas de IPP e de DMAPP (Figura 3). As moléculas de IPP e DMAPP, formadas em ambas as vias, condensam-se e originaram o trans-geranilpirofosfato (GPP), o qual é convertido nos diferentes



monoterpenos. Devido à polimerização do *trans*-geranylpirofosfato com IPP, são formadas cadeias crescentes de cinco em cinco átomos de carbono, que darão origem aos monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos e assim por diante (DEWICK, 2002).

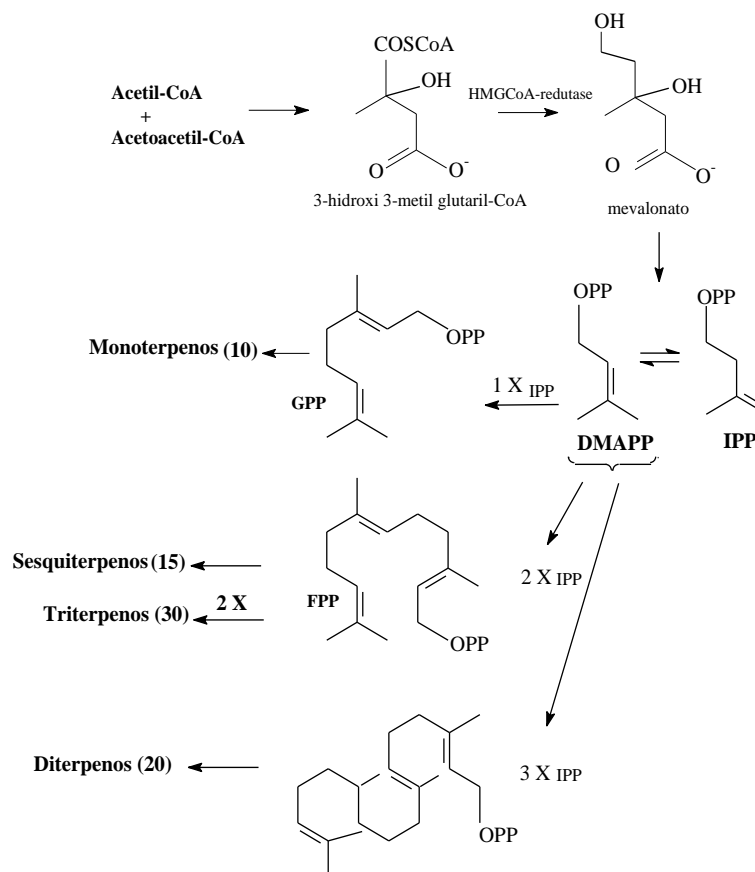


Figura 3 Biossíntese de terpenos via mevalonato  
Fonte: Simões et al. (2004)

Os fenilpropanoides, compostos aromáticos, que possuem uma cadeia lateral de três átomos de carbono ligada ao anel aromático, formam-se a partir do ácido chiquímico, precursor de vários aminoácidos aromáticos, entre eles a L-

fenilalanina. Esse ácido, pela ação da enzima fenilalanina amonialiase (PAL), perde uma molécula de amônia, originando os ácidos cinâmicos ativados. Esses compostos sofrem substituições, em uma série de etapas de hidroxilação e metilação, resultando em vários ácidos p-cumáricos, os quais, por meio de reduções enzimáticas, originam propenilbenzenos e alilbenzenos. Estes, por meio de reações de oxidação com degradação das cadeias laterais, geram diversos compostos presentes na constituição de muitos óleos essenciais (BARRETO; VEIGA JÚNIOR, 2005; SIMÕES et al., 2007) (Figura 4).

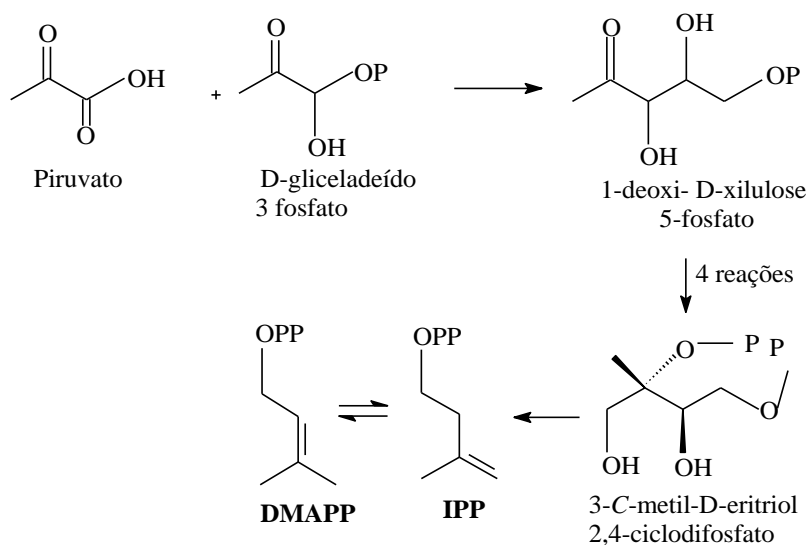


Figura 3 Biossíntese de terpenos via DXPS  
 Fonte: Dewick (2002)

A constituição química dos componentes presentes em um óleo essencial é muito variada, incluindo hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas e cumarinas, compostos com enxofre e até compostos com nitrogênio.

No processo de extração de óleo essencial, podem ser aplicados diversos

métodos, como a hidrodestilação, maceração, extração por solvente, enfleurage, CO<sub>2</sub> supercrítico e micro-ondas. Dentre esses, o método de maior aplicação é o de hidrodestilação, que se divide em duas técnicas – arraste a vapor e coação, que é a destilação repetida, a fim de se obter maior concentração dos princípios ativos (SANTOS et al., 2004).

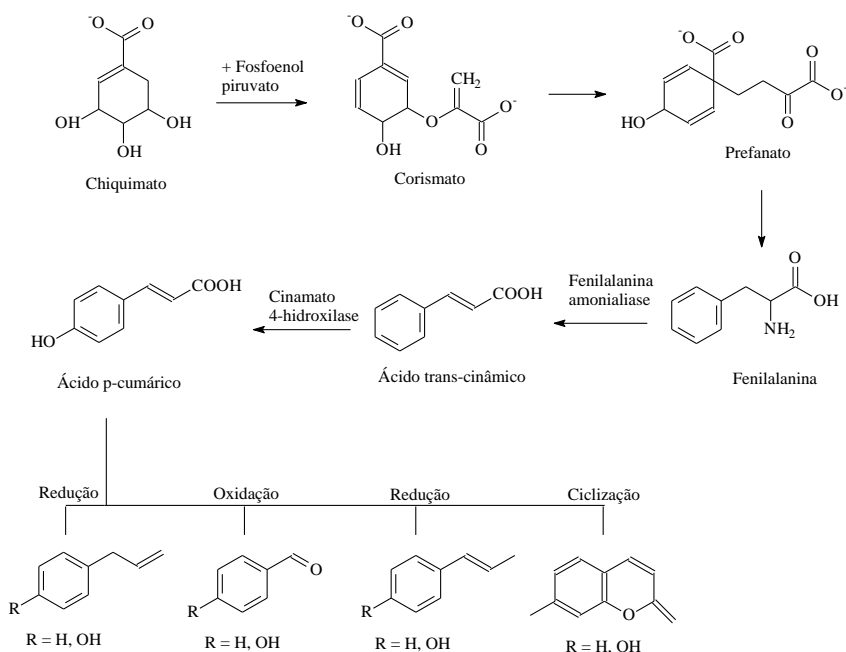


Figura 4 Mecanismo de formação da estrutura básica dos fenilpropanoides a partir do ácido chiquímico

Fonte: Adaptada de Simões et al. (2007)

Há diversos fatores que influenciam a produção de óleo pelas plantas e sua constituição química (Figura 5). Gobbo Neto e Lopes (2007) citam fatores como o genético, a sazonalidade, ritmo circadiano, idade, estágio de desenvolvimento da planta, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, nutrição mineral, altitude, poluição atmosférica, indução por estímulos mecânicos e ataque de patógenos. Não há um comportamento similar

entre as plantas, para a variação de cada item; como exemplo, a espécie *Thymus pulegioides* L. produz o máximo teor de óleo e de seu componente de interesse se for coletada durante ou logo após a floração (SENATORE, 1996), e já na espécie *Osmanthus fragrans* Lour, o teor de óleo será maior se a mesma for coletada no início do estágio de floração (WANG et al., 2009).

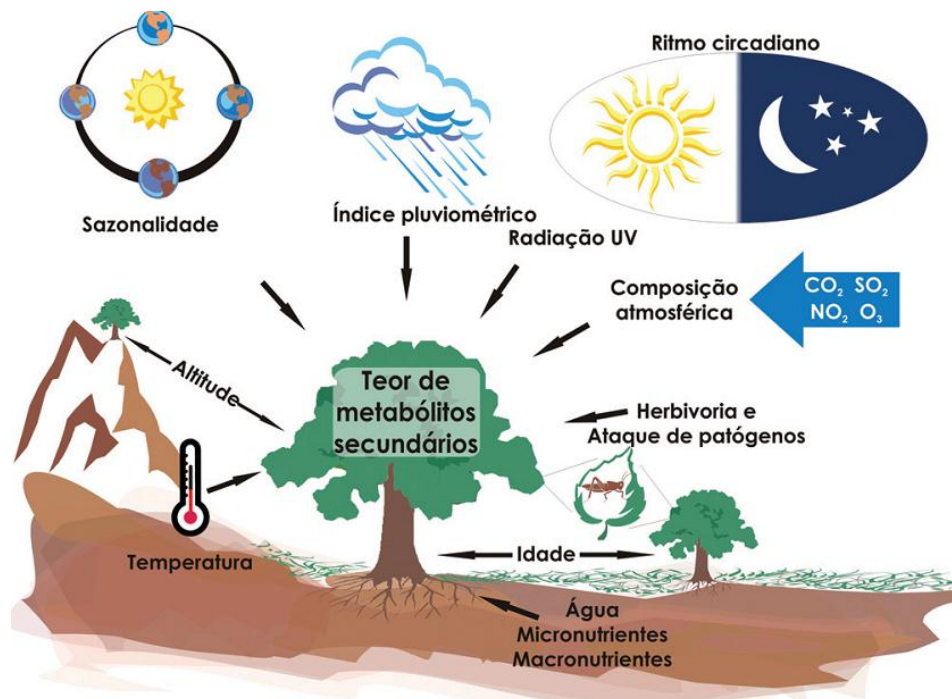


Figura 5 Principais fatores que podem influenciar o acúmulo de metabólitos secundários em planta

Fonte: Gobbo Neto e Lopes (2007)

Há, ainda, os fatores relacionados ao processo de colheita do material vegetal e de extração do óleo essencial, que podem interferir diretamente no seu rendimento. Souza et al. (2011) notaram que o horário de coleta interfere no rendimento de óleo essencial para a espécie *Cordia verbenacea* DC. Em dias chuvosos, de maneira geral, o rendimento de óleo essencial é reduzido, para a

maioria das espécies (GOBBO NETO; LOPES, 2007). Teles et al. (2012) verificaram que há diferenças no rendimento de óleo essencial e composição química deste, em amostras de *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown processadas frescas ou submetidas a método de secagem.

Bandoni e Czepak (2008) relatam que o método de extração de óleo essencial interfere, diretamente, no resultado final, como a escolha entre os métodos de hidrodestilação, arraste a vapor, água-vapor, micro-ondas, CO<sub>2</sub> supercrítico, temperatura e/ou pressão aplicada, tempo de extração, quantidade de água, reagentes entre outros. Observaram genericamente que em relação ao tempo de extração, quanto maior, mais constituintes são extraídos, sendo que os de menor peso e mais voláteis são os primeiros a serem extraídos. O calor e a pressão usados no ato da extração podem, por exemplo, interferir na qualidade final do óleo essencial, pois no momento da extração, as sensíveis moléculas de um princípio ativo podem ser quebradas e oxidadas, em produtos de menor eficácia ou, às vezes, até tóxico (SIMÕES; SPITZER, 1999).

### 2.3 $\alpha$ -bisabolol

O componente majoritário do óleo essencial da candeia é o  $\alpha$ -bisabolol, (2S)-6-methyl-2-(4-methylcyclohex-3-en-1-yl)hept-5-en-2-ol, (Figura 6). É um álcool terciário de fórmula molecular C<sub>15</sub>H<sub>26</sub>O, monocíclico, sesquiterpênico, insaturado e opticamente ativo, que provém da condensação de moléculas de acetil CoA. Também conhecido por levomenol, para o isômero natural alfa, trata-se de um líquido ligeiramente amarelado, pouco solúvel em água e que possui massa molar de 222,36 g/mol, temperatura de ebulição em 153°C e índice de refração (20°C) de 1,493 a 1,497 (THE MERCK INDEX, 1996).

As principais funções biológicas do  $\alpha$ -bisabolol são: inseticida (ANDRADE et al., 2004), fungicida (OLIVEIRA et al., 2005; PAULI, 2006; TABANCA et al., 2007), antibacteriano (PAULI, 2006; VILA et al., 2010) e

anti-inflamatório (KIM et al., 2011). Várias pesquisas relatam seu potencial no tratamento de leishmaniose causada por *Leishmania infantum* (MORALES-YUSTEA et al., 2010), contra câncer de pâncreas (SEKI et al., 2011), como gastroprotetor (BEZERRA et al., 2009; LEITE et al., 2009), como atuante no aumento da permeabilidade da membrana de bactérias à antibióticos (BREHM-STECHER; JOHNSON, 2003), como agente pró-apoptótico no tratamento de leucemia aguda (CAVALIERI et al., 2011), na ação seletiva no combate a células tumorais (DARRA et al., 2007), no tratamento de doenças de pele (KIM et al., 2008), como analgésico, antialérgico, antiespasmódico e vermífugo (KAMATOU; VILJOEN, 2010).

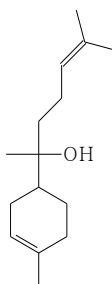


Figura 6 Estrutura química do  $\alpha$ -bisabolol

Por apresentar baixa toxicidade, a Food and Drug Administration (FDA) o classificou como Generally Regarded as Safe (GRAS), ou seja, este foi considerado como um aditivo alimentar seguro, estendendo seu uso às indústrias de alimentos (KAMATOU; VILJOEN, 2010). O  $\alpha$ -bisabolol está presente na composição de itens de maquiagens, perfumes finos, xampus, sabonetes, bem como em produtos não cosméticos, tais como produtos de limpeza e detergentes (BHATIA et al., 2008). É, também, empregado em produtos destinados a peles sensíveis, especialmente para recém-nascidos, produtos adstringentes, batom líquido, bloqueador solar, creme dental, creme para escaras que ocorre em

pacientes acamados, creme peeling de limpeza e estímulo da circulação, creme pós-cirúrgico, creme tonificante, emulsão para pele, filtro solar, gel antissolar, lenços umedecidos para retirada da maquiagem, loções anti-acne, capilar protetora, hidratante pós sol, pós barba e pós-depilação (ANDRADE, 2009).

Notadamente, a importância do  $\alpha$ -bisabolol, se fazem necessários estudos que garantam suas fontes de obtenção. Ele pode ser encontrado em espécies de plantas como a camomila *Matricaria chamomilla*, *Myoporum grassifolium*, (KAMATOU; VILJOEN, 2010), que apresentam elevados teores deste álcool, assim como nas folhas de *Plinia cerrocampanensis* (VILA et al., 2010), parte aérea de *Salvia runcinata* (KAMATOU et al., 2005) e *Salvia stenophylla* (JEQUIER et al., 1980) e no tronco de *Vanillosmopsis arborea* (MATOS et al., 1988) e *Vanillosmopsis pohlii* Baker (ANDRADE et al., 2004). Em quantidades menores, sua presença foi relatada nas espécies *Meiogyne cylindrocarpa* (LITAUDON et al., 2009), *Achillea aleppica* subsp. *aleppica* (ISCAN et al., 2006), *Nicotiana tabacum* (FARALDOS et al., 2010), *Satureja thymbra* e *Satureja parnassica* (CHORIANOPOULOS et al., 2006), *Arnica longifolia* e *Aster hesperius* (TABANCA et al., 2007), *Achillea ligustica* All. (CECCHINI et al., 2012), *Artemisia ordosica* (YANG et al., 2012), *Schefflera heptaphylla* (WANG et al., 2012), *Elionurus elegans* (MEVY et al., 2002), *Baccharis dracunculifolia* (CASSEL et al., 2000), *Daucus carota* L. subsp. *Sativus* (KAINULAINEN et al., 1998), *Artemisia absinthium*, *Artemisia santonicum*, *Artemisia spicigera* (KORDALI et al., 2005) e *Catharanthus roseus* (L.) G. Don (PINHO et al., 2009).

Dentre as espécies já estudadas que apresentam  $\alpha$ -bisabolol, a *Eremanthus erythropappus* destaca-se, por ser abundante na natureza e ter a vantajosa combinação de apresentar elevado teor deste álcool, com um rendimento de óleo essencial satisfatório por planta, associado à considerável produção de biomassa por área (SCOLFORO et al., 2004).

Não há estudos relacionando o teor e a qualidade do óleo essencial de candeia, com as técnicas de manejo e plantio. Isto se deve por ser recente o interesse pelo plantio desta espécie, não havendo plantações em idades próximas ao que se acredita ser a rotação econômica e sendo as extrações de óleo provenientes, essencialmente, de florestas nativas.

#### **2.4 Manejo e produção de óleo essencial para candeia nativa**

A exploração comercial da candeia deve ser feita somente em áreas onde sua predominância é superior ou igual a 70% da vegetação, em acordo com a Portaria nº 1 de 5 de janeiro 2007 do Instituto Estadual de Florestas - IEF (MINAS GERAIS, 2007). Pérez et al. (2004), em estudo sobre o sistema de manejo de corte seletivo, no município de Aiuruoca, verificaram que é viável explorar a candeia, e determinaram que o diâmetro mínimo de corte é de 5 cm, quando a madeira for usada para a produção de óleo essencial e de 7 cm se ela for utilizada para a produção de moirão para cerca, já que na classe diamétrica de 5 a 10 cm, a quantidade de óleo essencial produzida pelos indivíduos, seu crescimento satisfatório em diâmetro e o número elevado de indivíduos permite a exploração destes. Além disso, as árvores de maior dimensão ocupam uma grande área, prejudicando o desenvolvimento das árvores menores, que têm bom potencial de crescimento e são em muito maior número.

Segundo Pérez et al. (2004), o melhor plano de manejo para produzir óleo essencial ou moirões de candeia indica a remoção de 60% da área basal e diâmetro máximo de 30 cm. Se o manejo visa obter madeira para produzir óleo essencial, o plano mais adequado implicará numa exploração de 13,394 m<sup>3</sup> ou 25,625 mst de madeira, por hectare, se forem utilizados o fuste e os galhos com diâmetro maior ou igual a 3cm.

De acordo com entrevistas com desenvolvedores de planos de gestão em fábricas de óleo essencial de candeia, em média, um fragmento



de candeia rende  $45 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  ou 120,15 metros estéreo por hectare (OLIVEIRA et al., 2010) e cada metro estéreo produz 4,5 Kg de óleo essencial.

O peso de óleo essencial médio por planta existente em cada classe de diâmetro aumenta com o aumento da classe de diâmetro. Por exemplo, plantas da classe de diâmetro cujo valor central é 12,5 cm apresentam 7,34 vezes menos óleo essencial, que aquelas com diâmetro 27,5 cm, ou 10,04 vezes menos que aquelas com diâmetro de 32,5 cm. Entretanto, o peso de óleo essencial por hectare decresce das menores para as maiores classes de diâmetro, já que o número de árvores por hectare, típico de uma distribuição binomial negativa influencia esta relação. Na classe de 7,5cm e de 12,5cm, a quantidade total de óleo essencial por hectare é de 31,20kg e 39,20kg, vindas de 323,69 e 111,06 indivíduos de candeia, respectivamente, enquanto na classe de 37,5cm, a quantidade de óleo essencial por hectare é de 4,31kg, proveniente de 0,93 indivíduos (PERÉZ et al., 2004).

Camolesi et al. (2010) analisaram três áreas de candeia em Aiuruoca, Delfim Moreira e Ouro Preto e verificaram que a distribuição diamétrica da candeia tem comportamento semelhante nos três municípios em estudo, ou seja, houve um aumento contínuo e normal. As árvores atingem, em média, até 32,5 cm de DAP, tendo sido encontrados exemplares com até 54,11 cm. A altura das maiores árvores, nos municípios de Delfim Moreira e Aiuruoca situa-se na faixa de 9,60 a 10,80 m, mas foram encontrados indivíduos com até 12,20 m. Já, para o município de Ouro Preto, as alturas das maiores árvores estão entre 10,50 e 12,00 m, tendo sido encontrados indivíduos com até 13,80 m.

Para o município de Ouro Preto, as plantas com diâmetro na menor classe, com valor central de 7,5 cm, apresentaram 34,38 vezes menos volume com casca que aquelas com diâmetro na maior classe, com 32,5. A porcentagem de casca decresceu das menores, para as maiores árvores, nos três municípios estudados. O valor médio do fator de empilhamento é de 1,92 para as árvores

avaliadas no município de Delfim Moreira, de 1,91 para Aiuruoca e de 1,98 para Ouro Preto (CAMOLESI et al., 2010).

Scolforo et al. (2004) estudaram candeias nativas do município de Aiuruoca – MG e observaram que a quantidade de óleo essencial extraído de um metro cúbico sólido de madeira de árvores de DAP pequeno (entre 5 e 10 cm) é em torno 6 kg, e de madeira de árvores de DAP grande (entre 40 e 45 cm) é de cerca de 11 kg. Esta mesma tendência foi observada, também, para os volumes sem casca e de madeira empilhada, embora nestes casos as grandezas sejam outras.

No trabalho de Scolforo et al. (2004) o teor de óleo essencial contido nas plantas de candeia apresentou o seguinte comportamento: no fuste mais galhos até 3cm de diâmetro com casca, varia de 1,02% para plantas com diâmetro entre 5 e 10 cm a 1,37%, para plantas com diâmetro entre 40 e 45cm; nos galhos com menos de 3cm de diâmetro com casca, varia de 0,33% para plantas com diâmetro entre 5 e 10cm a 0,65%, para plantas com diâmetro entre 40 e 45cm; nas folhas varia de 0,28% para plantas com diâmetro entre 5 e 10cm a 0,77%, para plantas com diâmetro entre 40 e 45cm. O fator de empilhamento médio para a candeia é de 1,9087. Ele decresce com o aumento das classes de diâmetro. O modelo de Schumacher e Hall na forma logarítmica foi o escolhido para estimar o peso de óleo essencial, a quantidade de moirões, o peso seco e o volume para a candeia (SCOLFORO et al., 2004).

Em estudos com a candeia (*Eremanthus erythropappus*) nativa, o rendimento em óleo essencial da madeira na menor altitude foi maior do que na área com diferença de 100 metros de altitude, e árvores mais velhas apresentaram maior rendimento. Em relação ao teor de  $\alpha$ -bisabolol, este foi maior em árvores mais jovens e em maior altitude. A diferença de classe diamétrica não influenciou nos rendimentos de óleo essencial e do composto majoritário (MORI et al., 2009). Scolforo et al. (2004) notaram que o

rendimento de óleo essencial em uma mesma área aumenta com o acréscimo em diâmetro, o que provavelmente está relacionado com a idade de cada planta.

Galdino et al. (2006) verificaram que as diferenças ambientais de solo, altitude e clima entre os três lugares de origem considerados não afetaram, significativamente, na produção de óleo essencial, mas a espécie afetou, indicando que a espécie de candeia amarela produz mais óleo essencial e  $\alpha$ -bisabolol do que a candeia branca.

Souza et al. (2003), em estudo farmacognóstico de galhos de candeia, encontraram uma variação sazonal do rendimento do óleo essencial durante o ano de 2001 (Gráfico 1) e afirmaram que houve um maior teor de óleos essenciais nos meses correspondentes à primavera e ao verão (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro). Isto demonstrou que o aumento da temperatura favoreceu a maior biossíntese desses constituintes, o que implica nas funções dos óleos essenciais para proteger a planta contra predadores, contra perda de água, ou aumento da temperatura e de atrair polinizadores. Ao contrário, entre os meses de abril a agosto, que são menos quentes, houve uma redução na biossíntese de óleos essenciais, demonstrando mais uma vez que as condições climáticas influenciam no metabolismo da planta (SOUZA et al., 2003).

Os custos mais significativos relacionados ao manejo da candeia são o de transporte e o de exploração. Juntos eles representam 64% do custo total do manejo. O manejo da candeia, visando a obter madeira para a produção de óleo essencial é viável, economicamente, mesmo em situações em que a taxa de juros é alta, ou o preço da madeira cai a níveis bem abaixo dos vigentes no mercado. Ciclos de corte mais curtos possibilitam a obtenção de lucratividades maiores no manejo da candeia. Contudo, mesmo em situações em que o ciclo de corte seja, relativamente, longo (30 anos), a atividade é economicamente viável (OLIVEIRA et al., 2010).

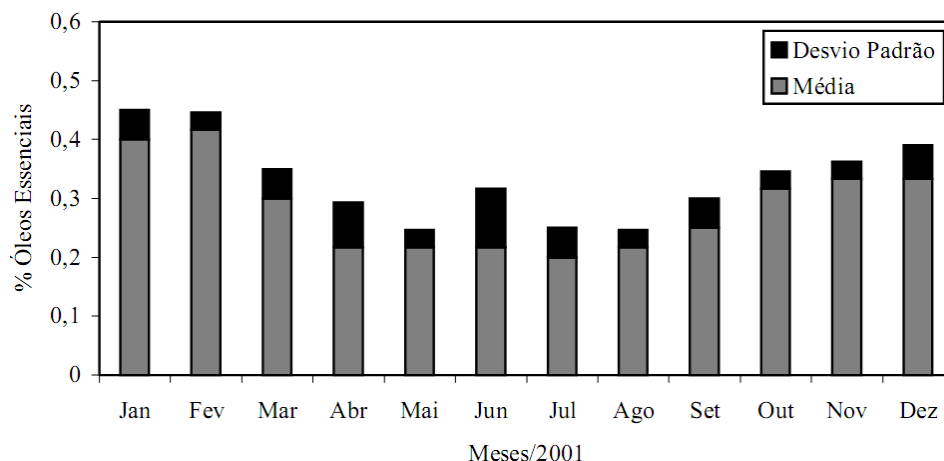


Gráfico 1 Variação sazonal no rendimento do óleo essencial da candeia  
Fonte: Souza et al. (2003)

Oliveira et al. (2009), analisando a cadeia de comercialização da candeia verificaram que os distribuidores de  $\alpha$ -bisabolol beneficiam-se da maior margem de comercialização. Para conseguir aumentar sua margem de comercialização, o produtor rural deve vender a madeira de candeia diretamente para a fábrica de óleo essencial, ou seja, sem a intermediação do atacadista.

## 2.5 Influência da densidade de plantio na produção de óleo essencial

A interferência da densidade de plantio na produção de óleo essencial varia de acordo com a espécie, mas, em geral, não influencia no teor de óleo essencial por planta. Contudo, menores espaçamentos resultam em maior produção de óleo essencial por área, devido à relação com a biomassa. Melo et al. (2011) testaram diferentes espaçamentos de plantio para a espécie alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*) e verificaram que o menor espaçamento produziu maior quantidade de óleo essencial e fitomassa por área, todavia não houve diferença no teor de óleo essencial.

As espécies *Eucalyptus polybractea* e *E. kochii*, cultivadas na Austrália,

obtiveram baixos rendimentos de óleo essencial e biomassa por área, para uma densidade de 2000 plantas por hectare; em densidades entre 3300 a 9000 as plantas tiveram resultados semelhantes entre si e superiores às primeiras (MILTHORPE et al., 1998). Já para o consórcio de *Pelargonium species* com *Mentha arensis* L.f. *piperascens* Malinv. Ex Holmes, plantadas nas entrelinhas, o menor espaçamento obteve maior produtividade de óleo essencial e de biomassa, a composição química do óleo essencial das duas espécies não foi afetada pelo espaçamento e nos dois sistemas de colheita (monocultivo ou consórcio), a diferença entre o rendimento de óleo essencial de colheitas individuais e o rendimento de óleo essencial total não foi significativa, já que as variações em biomassa também não o foram (RAO, 2002).

Callan et al. (2007) verificaram que a densidade de plantas e a época de colheita influenciaram, de forma complementar, a composição química do óleo de endro (*Anethum graveolens* L.). A baixa densidade de plantas e a colheita tardia resultaram em maior teor de carvona, e a alta densidade de plantas, e colheita precoce produziram óleo essencial com características herbáceas (óleo essencial com o teor de carvona inferior a 35%) e maior concentração de feladendro.

Badi et al. (2004) testaram estes mesmos fatores para o tomilho (*Thymus vulgaris* L) e verificaram que a época de colheita (início da floração, na floração plena e na frutificação) não causou efeito significativo no rendimento em massa seca da erva, e nem na produtividade de óleo essencial, mas afetou o rendimento de forragem fresca, o teor de óleo essencial e o conteúdo de carvacrol; já o espaçamento causou efeito muito significativo na variável diâmetro e não influenciou o teor de óleo essencial. Assim, o maior valor de timol foi obtido no início da floração no espaçamento 45 centímetros, e os valores máximos de massa seca, óleo essencial e timol, por hectare, foram obtidos no menor espaçamento (15 cm) e no início da floração.

Vogel, González e Razmilic (2011) verificaram para a espécie de boldo, *Peumus boldus*, que plantas sombreadas produziram uma quantidade maior de folhas, porém não houve diferença significativa na produção de óleo essencial. O maior estresse hídrico afetou a qualidade medicinal de alcaloide, e a concentração de óleo essencial nas folhas. A alta densidade de plantio levou a um menor rendimento de folhas por indivíduo, mas o rendimento por área aumentou, e não causou aumento significativo na produção de óleo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Carrancas, Sul de Minas Gerais, nas coordenadas 21°33'00.21'' de latitude Sul e 44°42'43.43'' longitude Oeste. O município apresenta área de 728,5 Km<sup>2</sup>, altitude entre 896 a 1590 metros, clima Tropical de altitude, do tipo Cwa de Köppen, com temperaturas moderadas, verão quente e chuvoso, apresentando temperatura média anual de 14,8°C e precipitação média anual de 1470 mm (ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS - ALMG, 2012).

A área de estudo tratou-se de um experimento, com área de 2,87 hectares, implantado em março de 2002, no delineamento em blocos casualizados, com dois fatores (espaçamentos e prática de desrama), em esquema de parcelas subdivididas, constituído de quatro blocos, quatro tratamentos casualizados e subdivididos em dois subtratamentos (Figura 7). Os tratamentos consistem em espaçamentos, sendo que:

- a) Tratamento 1,5 – espaçamento 1,5 x 1,5m,
- b) Tratamento 2,0 – espaçamento 1,5 x 2,0m,
- c) Tratamento 2,5 – espaçamento 1,5 x 2,5m e
- d) Tratamento 3,0 – espaçamento 1,5 x 3,0m.

Os subtratamentos consistem na presença ou ausência de desrama. Cada subtratamento, dentro de cada espaçamento, possui uma repetição e contém 56 plantas úteis, dispostas em oito linhas de sete plantas. Sendo assim, cada tratamento foi dividido em 4 partes, com os subtratamentos sem desrama e com desrama organizados conforme Figura 8 e separados por bordadura dupla. As desramas foram executadas aos 0,75 anos, 2,67 anos e 6,50 anos.

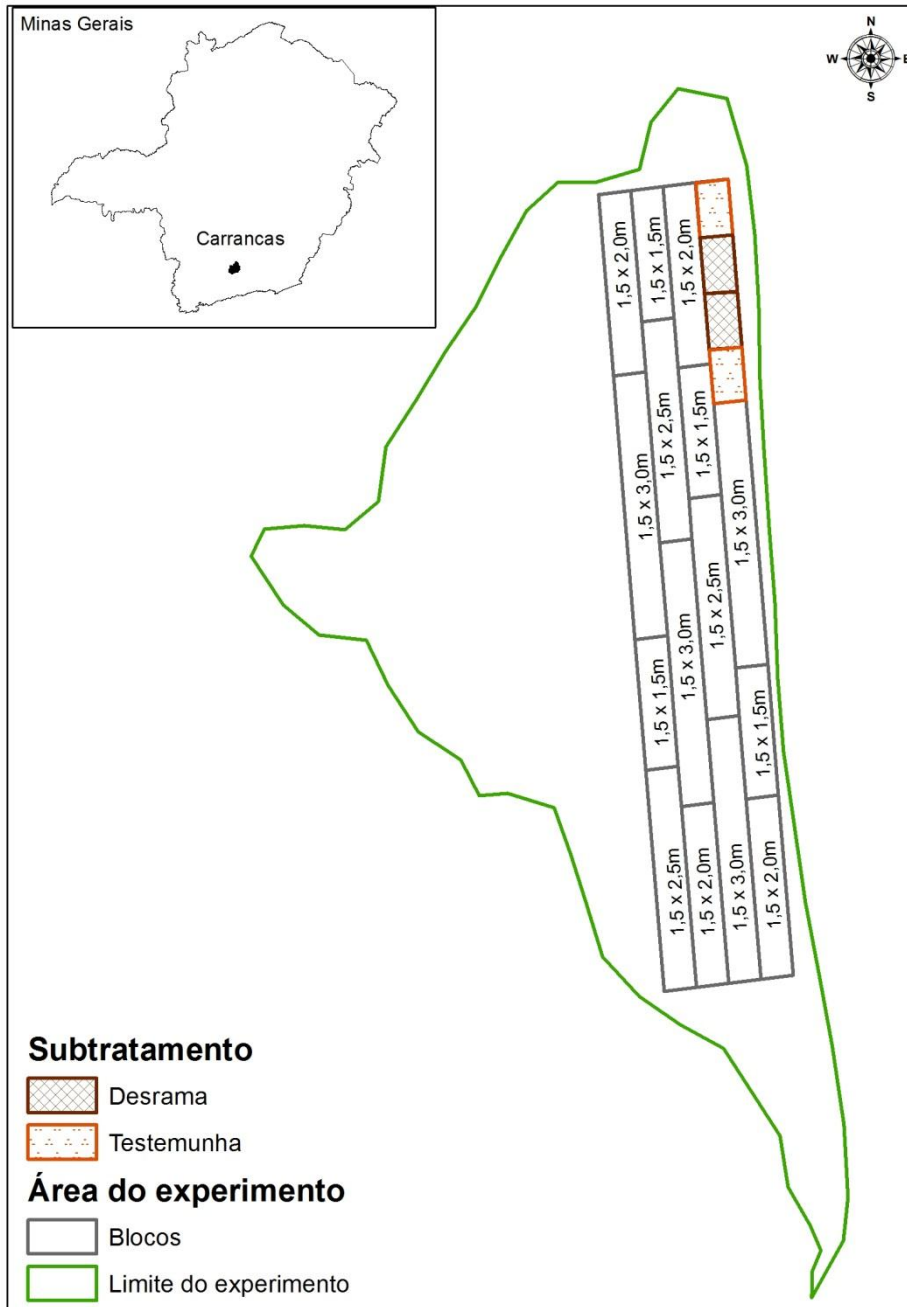


Figura 7 Localização do experimento com a distribuição dos tratamentos e disposição dos subtratamentos.





que estava sendo retirada, além da altura e diâmetro dos fustes a serem deixados na área. A desrama foi realizada até, em média, um terço da altura da copa.

Tabela 1 Datas das medições de área da copa, realização das desramas e medição da circunferência a 1,30 metros do solo (CAP) e altura total (HT) de cada planta

Datas	Medições		
	Copa	Desrama	CAP e HT
Mar/02			Plantio
Nov/02		x	x
Abr/03			x
Out/03			x
Mar/04			x
Nov/04		x	x
Mai/05	x		x
Dez/05			x
Mai/06	x		x
Nov/06			x
Mar/07	x		x
Out/08	x	x	
Abr/09	x		x
Out/09			x
Abr/10			x
Out/10			x
Fev/11	x		x

### 3.2 Densidade básica

A pesquisa com a extração de óleo essencial de candeia plantada, tem como principal foco, o acompanhamento da produção e qualidade do óleo essencial ao longo do tempo, em intervalos bianuais, contemplando várias idades. Isso impossibilita a amostragem por classe diamétrica de diversas árvores por subtratamento, pois o experimento seria comprometido para as extrações futuras.

Sendo assim, o método mais apropriado para a seleção das árvores estudadas foi o método da árvore modelo ou árvore média, que consiste na

seleção de uma árvore representativa de cada subtratamento, de acordo com o valor de sua circunferência quadrática.

Foram utilizados os dados de CAP da última medição, realizada em fevereiro de 2011, para cálculo da circunferência média quadrática ( $C_g$ ) para cada repetição, em todos os blocos, retirando-se duas árvores por combinação, totalizando 64 árvores conforme Tabela 2.

Tabela 2 Número de árvores retiradas em cada subtratamento dentro de cada tratamento, em cada bloco, na idade de nove anos

Bloco		1		2		3		4		Total
Desrama		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	
Tratamento	1,5x1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	16
	1,5x2,0	2	2	2	2	2	2	2	2	16
	1,5x2,5	2	2	2	2	2	2	2	2	16
	1,5x3,0	2	2	2	2	2	2	2	2	16

Para o cálculo da árvore média, considerou-se a circunferência mínima de medição de nove centímetros a 1,30 metros do solo. Para as árvores que apresentavam mais de um fuste com diâmetro mínimo de medição, foi considerada sua circunferência fundida ( $C_f$ ), que é a raiz quadrada da soma das circunferências de cada fuste ao quadrado, como segue:

$$C_f = \sqrt{(CAP_1^2 + CAP_2^2 + \dots + CAP_n^2)}$$

O valor gerado indica uma circunferência com mesma área seccional da árvore com vários fustes. A circunferência média quadrática é dada pela seguinte fórmula:

$$C_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (CAP^2)}{N}}$$

em que:

N = número total de árvores de cada repetição do subtratamento, em cada

tratamento, de cada bloco.

CAP e  $C_g$  = já definidos anteriormente.

As árvores escolhidas, de acordo com a  $C_g$ , foram retiradas das bordas, para não comprometer o experimento; no caso dos subtratamentos sem desrama, a borda considerada foi a externa, e para os subtratamentos com desrama, da borda interna, entre as duas repetições (Figura 9).

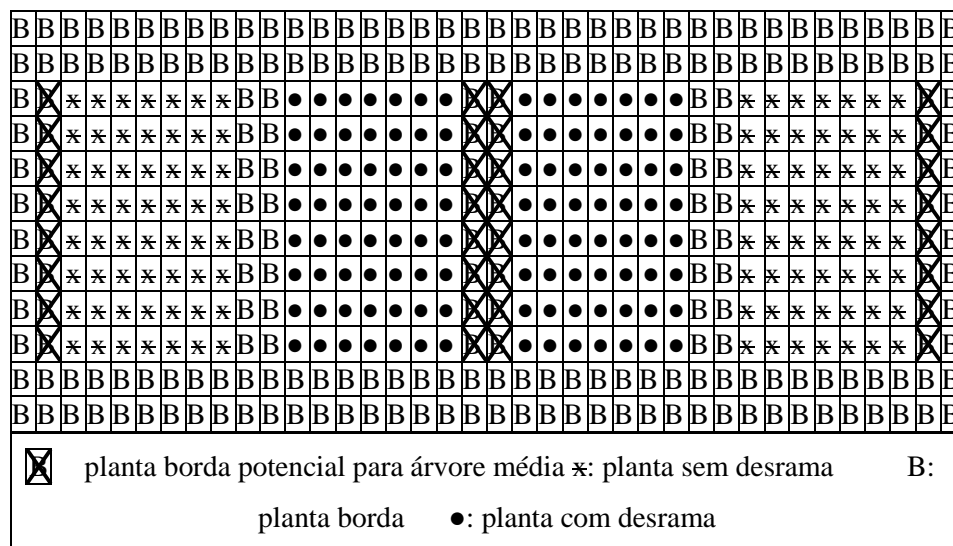


Figura 9 Borda de onde foram escolhidas as árvores médias

Estabeleceu-se que a árvore representativa deveria ter sua CAP ou circunferência fundida, quando mais de um fuste, igual ou com a variação máxima de um desvio padrão, em relação à  $C_g$  calculada, e que sua altura total, copa e características do tronco fossem, também, representativas das árvores de cada subtratamento. As  $C_g$  e altura total das árvores selecionadas encontram-se na Tabela 3. Maiores detalhes, sobre o método da árvore média, podem ser vistos em Scolforo e Mello (2006).

Depois de identificada a árvore média e medida a sua CAP e HT, procedeu-se à cubagem pelo método de Huber. Para a obtenção da densidade,

foram retirados cinco discos com três centímetros de espessura, a 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, em relação à altura comercial (HC) do fuste principal (Figura 10). Como a candeia, quando não conduzida pela desrama, apresenta elevado número de fuste, não apresentando um fuste que se sobressaia aos demais ou que acompanhe o eixo principal da árvore, estabeleceu-se que o fuste principal seria de maior altura comercial. A altura comercial foi considerada a altura até três centímetros de circunferência do fuste principal.

Tabela 3 Circunferência quadrática média e altura total média das árvores selecionadas

Bloco		1		2		3		4	
Trat.	Desrama	Cg (cm)	HT (m)	Cg (cm)	HT (m)	Cg (cm)	HT (m)	Cg (cm)	HT (m)
1,5x1,5	Com	20,80	4,97	20,50	5,23	26,15	6,55	20,45	5,00
	Sem	16,88	4,31	19,86	4,60	20,66	5,44	20,22	5,06
1,5x2,0	Com	23,91	4,79	29,93	5,89	22,17	5,53	21,59	5,14
	Sem	21,57	4,85	22,34	5,11	21,45	5,11	25,59	5,24
1,5x2,5	Com	27,24	5,04	25,30	5,14	24,75	5,27	23,27	5,13
	Sem	27,06	4,47	21,11	4,89	24,09	5,14	22,44	4,53
1,5x3,0	Com	25,02	4,95	25,05	5,69	24,90	4,99	25,00	4,75
	Sem	23,46	4,76	26,73	5,44	24,48	5,03	26,50	5,43

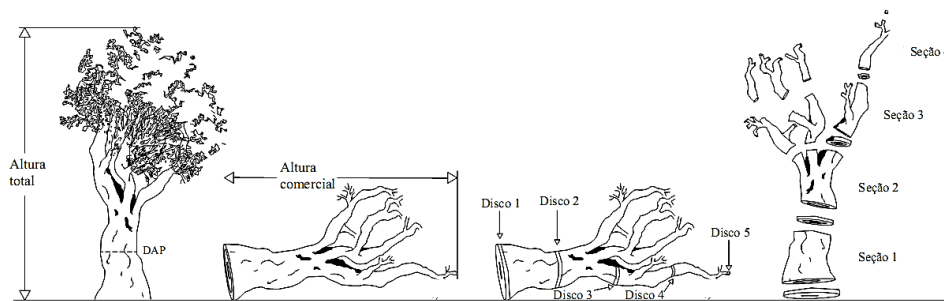


Figura 10 Esquema de coleta dos dados da árvore cubada e retirada dos discos para densidade

Fonte: Camolesi (2007)

Cada disco foi identificado com as informações do bloco, tratamento,

subtratamento, repetição, altura relativa em que foi retirado e município do experimento.

Para se determinar o volume saturado de madeira e casca, os discos foram submersos em água por um período de dez dias. A saturação por água foi alcançada, quando os discos atingiram massa constante ou com no máximo, uma variação de 0,5%. Em seguida, separou-se a casca do lenho e cada amostra foi submersa em água, dentro de um recipiente sobre uma balança, que forneceu a massa do volume deslocado pelo líquido, equivalente ao volume da amostra submersa (Princípio de Arquimedes), de acordo com a Figura 11. O volume da amostra do lenho e da casca foram considerados, isoladamente, como sendo o volume saturado ( $v_{sat}$ ) de cada parte.



Figura 11 Medição do volume saturado por meio do princípio de Arquimedes, a esquerda para a casca e a direita para o lenho

Como havia discos muito pequenos, não foi possível dividi-los em cunhas opostas, como é comumente praticado. Nesses casos foi utilizada a metade do disco ou todo ele. Para determinar a massa seca, os discos e as cascas foram colocados em câmara de secagem, com temperatura média de  $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Durante a secagem, pesou-se a massa dos discos a cada 6 horas, e quando ocorreu uma variação menor ou igual a 0,5% entre duas medidas consecutivas, a última massa medida foi considerada como sendo a massa seca dos discos ( $m_s$ ). A densidade básica (DB) de cada amostra é definida pela razão entre a massa seca e o volume saturado, ou seja:

$$DB = \frac{m_s}{v_{sat}}$$

em que:

$DB$  = densidade básica em  $\text{g/cm}^3$ ,

$m_s$  = massa seca, em g;

$v_{sat}$  = volume saturado, em  $\text{cm}^3$ .

Para cada árvore, calculou-se a densidade básica média ponderada do lenho e da casca, utilizando-se o volume da seção entre um disco e outro, de madeira e de casca, respectivamente, obtidos através da cubagem pelo método de Huber. A densidade média ponderada do lenho ou da casca é dada pela seguinte fórmula:

$$DMP_i = \frac{\left(\frac{d_0+d_{25}}{2}\right)V_1 + \left(\frac{d_{25}+d_{50}}{2}\right)V_2 + \left(\frac{d_{50}+d_{75}}{2}\right)V_3 + \left(\frac{d_{75}+d_{100}}{2}\right)V_4}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}$$

em que:

$DMP_i$  = densidade básica média ponderada da casca ou do lenho

$i$  = casca ou lenho

$d_0, d_{25}, \dots, d_{100}$  = densidade, da casca ou do lenho, nas diferentes alturas relativas na árvore, e

$V_1, V_2, V_3$  e  $V_4$  = volumes, de casca ou de lenho, das seções entre discos.

Para calcular a densidade média ponderada da árvore (DMA), foi realizado o somatório da densidade média ponderada da casca ( $DMP_C$ ) e do lenho ( $DMP_L$ ), reponderados pelo volume total de casca ( $VT_C$ ) e de lenho ( $VT_L$ ), respectivamente, de acordo com a fórmula seguinte:

$$DMA = \frac{(DMP_C * VT_C) + (DMP_L * VT_L)}{VT_L + VT_C}$$

### 3.2.1 Análise estatística

Para a análise da densidade básica ao longo do fuste, o número de discos para cada condição experimental está exposto na Tabela 4.

Tabela 4 Número de discos retirados em cada subtratamento, dentro de cada tratamento, de cada altura relativa à altura comercial (Hc), para obtenção da densidade básica, na idade de nove anos

Material			Casca		Lenho	
Desrama			Com	Sem	Com	Sem
Espaçamento 1,5x1,5	Posição Hc	0%	8	8	8	8
		25%	8	8	8	8
		50%	8	8	8	8
		75%	8	8	8	8
		100%	8	8	8	8
Espaçamento 1,5x2,0	Posição Hc	0%	8	8	8	8
		25%	8	8	8	8
		50%	8	8	8	8
		75%	8	8	8	8
		100%	8	8	8	8
Espaçamento 1,5x2,5	Posição Hc	0%	8	8	8	8
		25%	8	8	8	8
		50%	8	8	8	8
		75%	8	8	8	8
		100%	8	8	8	8
Espaçamento 1,5x3,0	Posição Hc	0%	8	8	8	8
		25%	8	8	8	8
		50%	8	8	8	8
		75%	8	8	8	8
		100%	8	8	8	8



O número de discos, para o cálculo da densidade básica em diferentes alturas, presente na Tabela 4, foi obtido da repetição dos subtratamentos dentro de cada tratamento, multiplicado pelo número de blocos, ou seja, provém de duas árvores médias diferentes em cada um dos quatro blocos.

Para a análise da densidade básica ao longo do fuste, de acordo com os tratamentos e subtratamentos, a análise de variância considerou o delineamento em blocos casualizados, com três fatores (espaçamento, desrama e altura de coleta dos discos para densidade), em esquema de parcela subdividida, de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 Quadro de variância para a análise do efeito dos tratamentos e subtratamentos, nos valores de densidade básica ao longo do fuste, organizados no delineamento em blocos casualizados, com três fatores, em esquema de parcela subdividida

FV	GL	
Bloco	K-1	3
Espaçamento	I-1	3
Erro 1	(K-1)*(I-1)	9
Desrama	J-1	1
Desrama* Espaçamento	(I-1)*(J-1)	3
Erro 2	I(J-1)*(K-1)	12
Altura	L-1	4
Altura*Desrama	(L-1)*(J-1)	4
Altura*Espaçamento	(L-1)*(I-1)	12
Altura*Espaçamento*Desrama	(L-1)*(I-1)*(J-1)	12
Erro 3	IJ(K-1)*(L-1)	96
Total	IJKL-1	159

Para a análise da influência do espaçamento e da prática de desrama, na densidade média ponderada da casca, do lenho e da árvore (Tabela 6) foi considerado o delineamento em blocos casualizados, com dois fatores (espaçamento e desrama), em esquema de parcela subdividida, de acordo com a Tabela 7.

Na Tabela 6, o número de amostras, para o cálculo da densidade básica média ponderada da casca e do lenho foi obtido da repetição dos subtratamentos dentro de cada tratamento, multiplicado pelo número de blocos, ou seja, provém de duas árvores médias diferentes para a mesma condição.

Tabela 6 Número de amostras retiradas em cada subtratamento dentro de cada tratamento, em cada bloco, para obtenção da densidade básica, na idade de nove anos

	Material	Casca		Lenho		Árvore	
	Desrama	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Espaç.	1,5x1,5	8	8	8	8	8	8
	1,5X2,0	8	8	8	8	8	8
	1,5X2,5	8	8	8	8	8	8
	1,5X3,0	8	8	8	8	8	8
	Total	64		64		64	

Espaç.: espaçamento de plantio

Tabela 7 Quadro de variância para a análise do efeito dos tratamentos e subtratamentos nos valores de densidade média ponderada do lenho, da casca ou da árvore, organizados no delineamento em blocos casualizados, com dois fatores, em esquema de parcela subdividida

FV	GL	GL
Bloco	K-1	3
Espaçamento	I-1	3
Erro 1	(K-1)*(I-1)	9
Desrama	J-1	1
Desrama* Espaçamento	(I-1)*(J-1)	3
Erro 2	I(J-1)*(K-1)	12
Total	IJK-1	31

O processamento dos dados foi realizado no software SISVAR, versão 5.0 (FERREIRA, 2003). Para os casos onde houve diferença significativa pelo teste F, entre os espaçamentos do experimento ou entre as alturas relativas de coleta dos discos da densidade básica, apesar de se tratarem de fatores quantitativos, foi aplicado o teste de média Scott Knott (1974) com 5% de

significância, devido a utilização do método da árvore média limitar o ajuste de um modelo. Para diferenças significativas do subtratamentos, não foi aplicado nenhum teste, pois o seu grau de liberdade é 1, ou seja, o teste F torna-se suficiente para determinar a diferença entre as médias. Nos casos de interações significativas, também foi aplicado o teste de média Scott Knott (1974) com 5% de significância.

### **3.3 Variáveis dendrométricas**

As variáveis dendrométricas servem de base para a tomada de decisões, pois permitem obter informações sobre características atuais e futuras de um povoamento. O método de seleção e estimativa de volume das árvores utilizado neste estudo oferece algumas restrições no que diz respeito à forma de trabalhar com estas variáveis. O método da árvore modelo, quando não é estratificado por classes diamétricas, que é este caso, oferece informações pontuais sobre o povoamento, não permitindo fazer extrapolações com os dados obtidos, a menos que se tenham dados em idades diferentes, o que não se aplica a este estudo. Embora seja pontual, ou seja, são informações que se aplicam somente para a idade e a faixa de diâmetro contempladas pela base de dados. De acordo com Miguel et al. (2010) e Rocha et al. (2010), este método é equivalente aos demais métodos para obtenção de volume.

Como a produtividade de óleo essencial está diretamente relacionada à produção de biomassa, o estudo das variáveis dendrométricas faz-se essencial para o melhor entendimento dos fatores, que influenciam no dinamismo da produção do óleo essencial de candeia e teor de  $\alpha$ -bisabolol. As variáveis dendrométricas avaliadas foram diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP), altura total (HT), volume individual com casca (VAcc), volume individual sem casca (VAsc), massa seca da árvore com casca (PScc), massa seca da árvore sem casca (PSsc) e porcentagem de casca (Casca). As variáveis volume e massa seca foram

extrapolados por unidade de área. Foi determinada, também, a mortalidade (Mt) de cada subtratamento.

A CAP e a HT foram mensurados com fita métrica e vara de altura, respectivamente, para cada árvore média antes do processo de cubagem (Figura 12). Para efeito de comparação entre os tratamentos e subtratamentos, estas variáveis foram obtidas de todas as plantas úteis, que compõem o experimento.

A HC foi determinada após a derrubada da árvore média, com trena. Para a obtenção do volume individual, todos os galhos da árvore média menores que 3 cm de diâmetro foram retirados e procedeu-se à cubagem pelo método de Huber (Figura 12), que consiste em quantificar o volume da árvore pelo somatório de volumes de seções com diâmetro uniforme, tendo como base para o cálculo da área seccional o diâmetro central da seção. Conforme descrito por Scolforo e Thiersch (2004), o volume da seção pelo método de Huber é obtido pelo produto da área seccional, tomada na metade da seção pelo comprimento desta seção de acordo com a fórmula a seguir:

$$v_i = g_{int} * l_i$$

sendo:

$v_i$  = volume da seção,

$g_{int}$  = área seccional tomada no meio da seção e

$l_i$  = comprimento da seção.

O volume da árvore com casca (VAcc) com seções de tamanhos desiguais foi dado pelo somatório dos volumes destas seções ( $v_i$ ). Por se tratar de uma planta com fustes e galhos tortuosos, as seções foram no máximo de 20 cm de comprimento ( $l_i$ ), para que a variação de diâmetro ao longo desta, não prejudicasse na representatividade de se considerar apenas o diâmetro central.

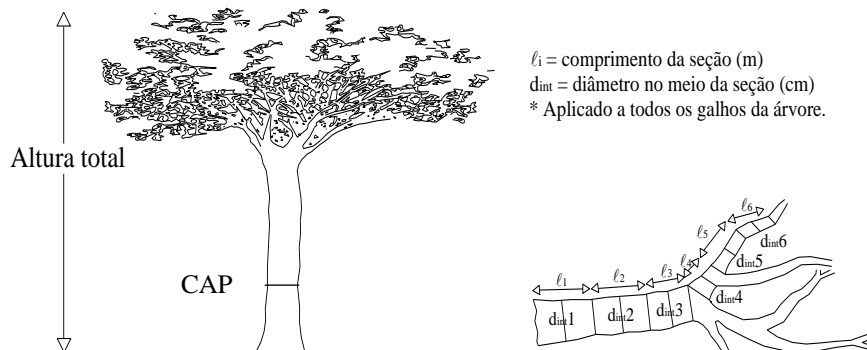


Figura 12 Cubagem pelo método de Huber  
 Fonte: Scolforo e Thiersch (2004)

Depois da cubagem, a árvore foi cortada nas alturas relativas de: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial para a retirada dos discos da densidade e para a extração de óleo essencial. Para a obtenção da densidade básica tomou-se de cada disco duas medidas opostas de espessura da casca, com o auxílio de um paquímetro, e somaram-se esses valores. Sabendo-se o diâmetro com casca de cada disco, que foi obtido através da transformação da circunferência, medida com fita métrica, determinou-se a porcentagem de casca, em relação ao diâmetro de cada disco. Para a determinação do volume de casca no fuste, multiplicou-se a média das porcentagens de casca de dois discos sequenciais retirados da árvore pelo volume da seção entre estes discos, obtido através da cubagem. Com a soma dos volumes de casca em cada seção obteve-se o volume de casca total.

A porcentagem de casca foi obtida através da razão entre o volume de casca e o volume da árvore com casca. Para a obtenção do volume sem casca (VAsc), subtraiu-se o volume de casca do volume da árvore com casca.

O número de árvores por hectare foi obtido pela contagem direta do número de árvores vivas de cada subtratamento e, fazendo a extrapolação. Este valor multiplicado pelo volume da árvore resultou no volume por hectare de

cada substratamento.

A massa seca com casca (PSc) foi obtida, somando-se a massa seca do lenho com a da casca. Para a obtenção da massa seca do lenho ou da casca, multiplicou-se o volume do lenho ou da casca da árvore por suas respectivas densidades média ponderadas.

### **3.3.1 Análise estatística**

As variáveis dendrométricas, obtidas para as plantas com e sem desrama, em cada espaçamento de plantio, foram submetidas à análise de variância, considerando-se a estrutura do experimento no delineamento em blocos casualizados, com dois fatores (espaçamento e desrama), em esquema de parcela subdividida.

A realização da desrama visa garantir melhores características de fuste, resultando em madeira com menos nodosidade e fustes mais cilíndricos, que são mais valorizados, mas esta prática não deve comprometer as características que influenciam na produtividade de madeira, assim, fez-se o uso da análise de variância para detectar se a desrama interfere nas variáveis dendrométricas. Para diferenças significativas da desrama não foi aplicado teste algum, pois o seu grau de liberdade é 1, ou seja, o teste F torna-se suficiente para determinar a diferença entre as médias.

Na literatura, observa-se que espaçamentos menores, resultam em árvores com DAP e volumes individuais menores, se comparadas às árvores que se desenvolvem em espaçamentos mais abertos, e se a abordagem é feita por área, menores espaçamentos geram um volume ou massa seca por hectare maiores que espaçamentos mais abertos. Com o intuito de avaliar se os diferentes espaçamentos de plantio considerados interferem nas variáveis dendrométricas, foi realizada a análise de variância e, caso o teste F fosse significativo, apesar de se tratar de um fator quantitativo (espaçamento), era

aplicado o teste de média Tukey com 5% de significância. O método da árvore média, para ser usado em algum ajuste de regressão, deveria ser estratificado por classes diamétricas, mas, como já exposto, isto não é possível por se tratar de um experimento que será avaliado ao longo do tempo.

O processamento dos dados foi realizado no software SISVAR, versão 5.0 (FERREIRA, 2003). Nos casos de interações significativas entre a desrama e os espaçamentos, também foi aplicado o teste de média Tukey com 5% de significância.

### **3.4 Óleo essencial da candeia**

Para a extração do óleo essencial da candeia, das 64 árvores médias selecionadas, após o processo de cubagem foram retirados discos com dez centímetros de comprimento logo abaixo do local de onde foram retirados os discos para a densidade básica. Estes discos, então, foram retirados a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial aproximadamente.

Cada disco foi identificado, escrevendo-se no seu lenho com lápis próprio para escrita em madeira: a altura relativa de onde foi retirado, a árvore, o subtratamento, espaçamento, bloco e município. Por controle, foram medidos a circunferência, tomada no meio do disco, e espessura da casca, tirando-se duas medidas opostas, em relação à medula. Em seguida, os cinco discos de cada árvore foram colocados em dois sacos plásticos, para garantir que estivessem devidamente isolados e foram postos em uma caixa de isopor com gelo, até serem transferidos para um refrigerador. Este procedimento fez-se necessário para evitar perdas dos constituintes voláteis presentes nos discos. Na sequência, em sala climatizada com temperatura de 17°C, a casca foi separada do lenho com o auxílio de um facão e martelo e o lenho foi seccionado em partes menores. Neste ponto, misturou-se o material das duas repetições de cada subtratamento, do mesmo tratamento e do mesmo bloco, reduzindo o total de

amostras de 64 para 32. As cascas dos dez discos (cinco de cada repetição) foram misturadas e colocadas dentro de dois sacos plásticos, um dentro do outro e sua identificação, agora do subtratamento, tratamento, bloco e município, foi escrita a lápis em papel manteiga, mais resistente à umidade. Já o lenho dos dez discos (cinco de cada repetição) foram misturados e moídos em um desintegrador, por se tratar de um material lenhoso. Estes foram isolados em dois sacos plásticos e armazenados em refrigerador, assim como a casca.

As extrações foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica da Universidade Federal de Lavras, empregando-se a metodologia de hidrodestilação. Utilizou-se um aparelho de Clevenger modificado (Figura 13), acoplado a um balão de fundo redondo com capacidade de 5L.

Para as extrações do lenho, foram pesados em balança analítica, com precisão de 0,01 gramas, de 300 a 400 gramas de madeira provenientes de cada amostra mista (compostas por dez discos das duas repetições de cada subtratamento), e anotou-se o valor exato da massa de madeira úmida usada. Na sequência, essa amostra foi colocada no balão de cinco litros, que foi completado até a metade do seu volume com água, colocado em manta aquecedora e acoplado ao aparelho de Clevenger modificado.

Após a mistura da água com a amostra de madeira ferver e condensar a primeira gota destilada de óleo+água, o sistema ficou ligado por um período de oito horas. Mantendo-se sempre a mistura em ebulição, foi coletado o hidrolato (mistura da água + óleo) das quatro horas iniciais de extração, do intervalo de quatro a seis horas de extração e do intervalo de seis e oito horas de extração separadamente. Foi realizado este procedimento com o intuito de estudar a quantidade de óleo essencial extraído, pelo tempo de extração. O tempo mínimo de quatro horas foi considerado por ser inferior ao tempo de extração adotado pelas empresas.





Figura 13 Hidrodestilação para a extração do óleo essencial de candeia, em aparelhos de Clevenger modificado

O hidrolato foi centrifugado em centrífuga de cruzeta horizontal a  $965,36 \times g$  por 15 minutos. O óleo essencial, que ficou suspenso na água, foi coletado com o auxílio de uma micropipeta de Pasteur, acondicionado em frasco de vidro âmbar de massa conhecida e colocado na pistola de secagem por dez minutos, com a temperatura do fluido, no caso o ciclohexano, de  $40^{\circ}\text{C}$ . Em seguida, o óleo essencial foi pesado e armazenado sob refrigeração, em frasco envolto com papel alumínio e hermeticamente fechado. Todo este procedimento foi realizado em triplicata, para as 32 amostras do lenho.

A manta aquecedora pode chegar até a  $300^{\circ}\text{C}$ , mas esta foi mantida na temperatura de ebulição da água. Foi utilizada sempre a mesma temperatura, pois sua variação pode resultar na extração de componentes voláteis diferentes da madeira.

A centrífuga de cruzeta horizontal é utilizada para separar o óleo

essencial da água. Como o óleo essencial de candeia é menos denso que a água, a força centrífuga força a água a ficar na parte inferior do recipiente e o óleo essencial na parte superior. A pistola de secagem é apropriada para retirar a umidade do óleo essencial, através do aquecimento indireto do sistema e aplicação de vácuo, que puxa a água para uma sílica absorvente.

Foram utilizados sete aparelhos de Clevenger modificado, sendo que as triplicatas foram feitas em três aparelhos de Clevenger diferentes, para evitar tendenciosidade devido à utilização do mesmo aparelho. A cada nova amostra os aparelhos foram lavados em três etapas: a primeira destilava 150 mL de cloreto de metileno (diclorometano) / 200 mL de água, à temperatura de ebulição do cloreto de metileno (40°C) e à medida que o diclorometano destilava este era coletado abrindo-se a torneira do Clevenger, até que no balão só restasse água; a segunda etapa consistiu-se em realizar o mesmo processo, porém com diclorometano em primeiro uso; e a terceira etapa consistiu em deixar a água, que completava metade do balão, ferver a temperatura de 100°C durante dez minutos.

Para a obtenção de óleo essencial da casca, foi feita uma amostragem, considerando a variação em DAP das árvores e escolhendo-se nove amostras para extração. O objetivo não foi comparar os tratamentos, já que sua quantidade em análise prévia mostrou-se muito inferior aos rendimentos do lenho, mas sim estabelecer uma quantidade média de teor de óleo essencial para a casca de candeia.

Os óleos essenciais das amostras de casca foram extraídos em aparelho de Clevenger modificado por duas horas. Após este período, a coluna de extração do Clevenger foi lavada com solvente (cloreto de metileno), para recolher possíveis resíduos de amostra. O hidrolato coletado durante a extração foi colocado em funil de separação de 500 mL, onde o óleo essencial foi separado da fase aquosa, utilizando-se cloreto de metileno (20 mL) como

solvente extrator. Este processo foi repetido por três vezes. A fração orgânica (óleo+solvente) proveniente do funil de separação foi coletada em béquer de 100 mL, e em seguida, tratada com sulfato de magnésio anidro ( $\text{MgSO}_4$ ) em excesso, para a retirada da água remanescente.

A seguir, a solução foi filtrada e levada ao evaporador rotativo a  $40^\circ\text{C}$ , até a retirada do excesso de solvente. Posteriormente, a fração orgânica foi colocada em vidro de âmbar, parcialmente vedado com material plástico, envolto em papel alumínio e colocado em capela com exaustor ao abrigo da luz, para a retirada do restante do reagente, até o conjunto óleo+vidro tarado alcançar massa constante (BANDEIRA et al., 2011).

A quantificação do óleo essencial foi realizada pela pesagem em balança analítica, com precisão de 0,0001 gramas, sendo o resultado expresso em porcentagem em relação à massa seca. Após a quantificação, os recipientes com óleo essencial foram vedados com tampa de borracha e parafilme, envoltos em papel alumínio e armazenados em refrigerador.

Para a determinação da umidade da madeira e da casca, foram utilizadas 5 g de cada amostra (32 amostras de lenho e 9 amostras de casca), em triplicata, submersas em um balão de fundo redondo (250 mL), contendo 75 mL de ciclohexano (Figura 14). Após o processo de destilação, realizado por 2 horas à temperatura de ebulição do ciclohexano, quantificou-se o volume de água extraída da amostra, por meio do coletor de vidro tipo Dean Stark (trap para destilação), Método Oficial da American Oil Chemists Society, 2b-42, (AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY - AOCS, 1994) para a determinação da umidade em produtos que contêm substâncias voláteis, adaptado por Pimentel et al. (2006).

A umidade ( $U_{bs}\%$ ) foi calculada, considerando-se a base seca, conforme a fórmula que se segue:

$$U_{bs}\% = \left( \frac{m_u}{m_s} - 1 \right) * 100$$

em que:

$m_u$  = massa úmida da amostra destinada a determinação de umidade

$m_s$  = massa seca da amostra destinada a umidade.

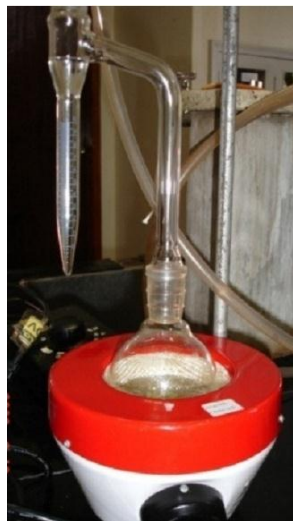


Figura 14 Aparelho para a determinação da umidade

A massa seca da amostra utilizada para extração do óleo essencial foi obtida através dos valores da massa úmida, pesada antes da extração, e sua umidade, calculada pela fórmula de obtenção da umidade ( $U_{bs}\%$ ). O rendimento de óleo essencial ( $R_o$ ) de cada amostra foi dado pela razão entre a massa de óleo essencial extraída e a sua massa seca.

Com o valor de  $R_o$  e o uso de regras de três, foram obtidos os valores de óleo essencial por árvore (relação com a massa seca de cada árvore), por metro cúbico (razão do rendimento de óleo essencial por árvore e seu volume) e por hectare (relação entre o rendimento por árvore e o número de plantas), considerando-se quatro, seis e oito horas de extração e trabalhando-se com a média das triplicatas. Para a obtenção dos rendimentos totais, foram somados os

rendimentos dos três tempos de extração.

### **3.4.1 Análise estatística**

Os rendimentos de óleo essencial foram analisados em relação aos rendimentos totais quando a candeia foi submetida a desrama e a diferentes espaçamentos, e em relação ao tempo de extração. Para a análise dos rendimentos de óleo essencial, por matéria seca, por área e por volume de madeira, os dados foram submetidos à análise de variância.

Segundo a literatura, fatores de estresse, como: variações na disponibilidade hídrica, na temperatura, e na nutrição do solo, normalmente causam uma resposta na planta em relação à produção e composição química de óleo essencial (GOBBO NETO; LOPES, 2007). A realização da desrama, como já exposto, visa melhorar as características do fuste, mas para a produção de óleo essencial ela pode ser entendida como um estresse para a planta. Com o intuito de verificar se a desrama interfere na produção do óleo essencial, foi realizada a análise de variância. Para diferenças significativas da desrama, não foi aplicado nenhum teste, pois o seu grau de liberdade é 1, ou seja, o teste F torna-se suficiente para determinar a diferença entre as médias.

Já, em relação ao espaçamento de plantio, espaçamentos menores podem ser entendidos como um fator de estresse, já que a competição por água, luz e nutrientes torna-se maior. Para verificar se os diferentes espaçamentos de plantio considerados interferem nos rendimentos de óleo essencial, foi realizada a análise de variância, e caso o teste F fosse significativo, apesar de se tratar de um fator quantitativo (espaçamento), foi aplicado o teste de média Tukey com 5% de significância. O método da árvore média, para ser usado em algum ajuste de regressão deveria ser estratificado por classes diamétricas, mas, como já exposto, isto não é possível por se tratar de um experimento que será avaliado ao longo do tempo.

O processamento dos dados foi realizado no software SISVAR, versão 5.0 (FERREIRA, 2003). Nos casos de interações significativas entre a desrama e os espaçamentos, também foi aplicado o teste de média Tukey com 5% de significância.

### 3.4.2 Análise de regressão do rendimento em óleo essencial e tempo de extração

Foi estabelecido um intervalo de tempo de extração, para a adequação da metodologia de extração de óleo essencial de candeia. Seu limite inferior foi determinado de acordo com o método do modelo linear segmentado com platô, determinando o tempo mínimo de extração; já o limite superior foi determinado pelo método da curvatura empírica (OLIVEIRA, 2011), em que se buscou o menor valor de estabilização da curva de rendimento acumulado de óleo essencial, conseqüentemente, obtendo o tempo máximo de extração.

Para isto, através de testes preliminares foi ajustado o modelo monomolecular, para as médias de rendimentos de óleo essencial na base seca, em relação ao tempo de extração (quatro, seis e oito horas), de forma cumulativa e, incluindo o tempo zero. O modelo é dado por:

$$RO = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 t})$$

em que:

RO = rendimento de óleo essencial no tempo t;

$\beta_0$  = valor assintótico que o rendimento do óleo essencial pode atingir;

$\beta_1$  = medida relativa da taxa de crescimento do rendimento do óleo essencial ou altura da curva;

T = tempo de extração.

Com esta regressão foram estimados os rendimentos de óleo essencial para intervalos de uma hora, os quais possibilitaram calcular os incrementos correntes desta variável, pela fórmula:  $IC_{RO} = RO_T - RO_{T-1}$ . Os  $IC_{RO}$  em função do tempo (T) geram uma tendência exponencial, dada por:

$$IC_{RO} = a * e^{-bT}$$

Em que:

$IC_{RO}$ : incremento corrente do rendimento em óleo essencial;  
 a e b: parâmetros a serem estimados pelo ajuste da equação;  
 T: tempo de extração.

Com o modelo anterior, foi possível estabelecer uma relação semelhante ao procedimento descrito no método empírico de curvatura, o qual foi detalhado a seguir.

Para a determinação do limite superior foi considerado o procedimento utilizado em estudos de redistribuição de água no solo (HILLEL, 1998) e tamanho ótimo de parcelas (OLIVEIRA, 2011). Apesar do modelo originalmente utilizado ser:  $a/X^b$  e o modelo a ser utilizado nesse trabalho ser:  $ICRO = a.e^{-bT}$ , ambos apresentam formato gráfico, amplitude angular e concavidades semelhantes, e ainda com pontos de estabilização das curvas praticamente coincidentes, o que justifica o uso da metodologia.

Geometricamente, a derivada é a reta tangente a uma curva de uma função qualquer  $y = f(x)$ , em um ponto  $T_{max}$  da mesma, enquanto que trigonometricamente, seu valor é igual à tangente que essa reta faz com o eixo X. Logo:  $\frac{dy}{dx} = tg \alpha$ . Analogamente, ao procedimento realizado por Oliveira (2011), tem-se:

$$IC_{RO} = a.e^{-bT}, \text{ logo}$$

$$\frac{dIC_{RO}}{dx} = -ab.e^{-bT} = tg \alpha$$

O incremento do rendimento do óleo essencial se aproxima de um valor assintótico, próximo aos  $180^\circ$  quando o tempo de extração tende ao infinito, sendo que os mesmos estudos mostram que  $178^\circ$  é um valor de  $\alpha$  com boa estabilidade e permite estimar o ponto adequado de estabilização da curva,

Gráfico 2, em que  $IC_{RO}$  é o incremento corrente do rendimento em óleo essencial e o  $T_{max}$  é o tempo em que ocorre a estabilização da curva.

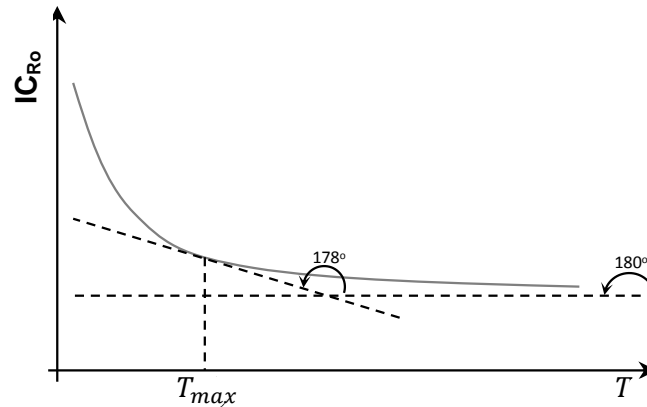


Gráfico 2 Esquema do método de curvatura empírica  
Fonte: Adaptado de Oliveira (2011)

Aplicando-se esses conceitos e isolando  $X$ , o limite superior definido pelo ponto de máxima curvatura resulta na equação a seguir:

$$T_{max} = \frac{\ln\left(\frac{tg\alpha}{-ab}\right)}{-b}$$

em que:

$T_{max}$  = ponto da curvatura correspondente ao tempo em que ocorre a estabilização da curva, ou seja, o tempo máximo para extração de óleo essencial;  
 $a$  e  $b$  = parâmetros a serem estimados pelo modelo exponencial para o  $IC_{RO}$ ;  
 $\alpha$  = ângulo,  $178^\circ$ , dado em radianos ( $3,1067\text{rad}$ ), em que  $\alpha_{rad} = \alpha^\circ(\pi/180)$ .

Já o intervalo inferior foi determinado de acordo com o método do modelo linear segmentado por platô. O modelo de platô de resposta linear descreve dois segmentos, uma reta crescente ou decrescente (dependendo do valor de  $a$ ), até uma determinada altura  $P$  que é o platô. A partir desse ponto, o valor  $RO$  assume um valor constante  $P$ , que é o segundo segmento (FERREIRA, 2012). O modelo platô de resposta linear é dado pelas equações abaixo:

$$RO = a + bT \text{ se } T \leq T_{min},$$



$$RO = P \text{ se } T > T_{min},$$

em que:

$RO$  = rendimento em óleo essencial (g/kg);

$a$  = intercepto do modelo linear simples do segmento anterior ao Platô;

$b$  = coeficiente angular neste mesmo segmento;

$P$  = Platô;

$T_{min}$  = ponto de junção dos dois segmentos (tempo mínimo de extração em horas).

Segundo Ferreira (2012), o uso de uma variável binária *Dummy*, (equação que se segue) é empregado para unir os dois modelos citados anteriormente. O mecanismo que aciona cada modelo é em função de  $Z$ . Logo, para o valor de  $Z = 1$ , ou seja, ( $T < T_{min}$ ), o modelo linear é ativado. Com o valor de  $Z = 0$ , isto é ( $T > T_{min}$ ) o modelo de platô é acionado.

$$RO = (a + bT)Z + P(1 - Z)$$

em que:

$a$  e  $b$  = parâmetros a serem estimados na equação  $RO = a + bT$ ;

$P$  = parâmetro a ser estimado na equação  $RO = P$

$RO$  = rendimento de óleo essencial;

$T$  = tempo de extração e;

$Z$  = variável *Dummy*.

O Gráfico 3 mostra a aplicação do modelo a uma curva de tendência, semelhante à curva de rendimento de óleo essencial, em função do tempo de extração. A união das retas gerada pelo modelo linear, em conjunto com a regressão de platô, expressa o tempo ótimo de extração ( $T_{min}$ ), ou seja, o menor tempo que garanta um rendimento de óleo essencial satisfatório.

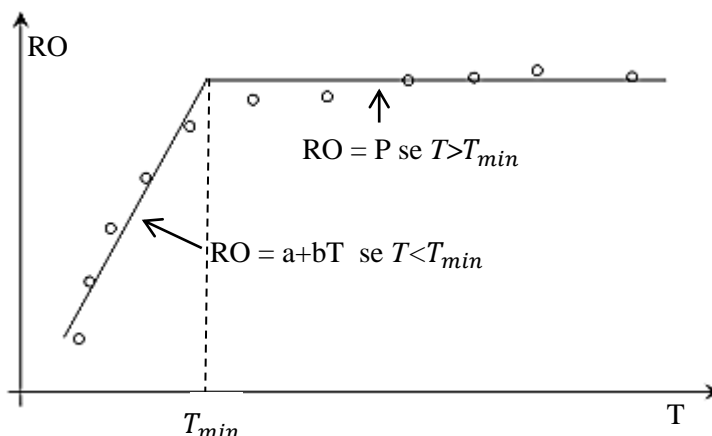


Gráfico 3 Esquema de um modelo linear segmentado com platô

O tempo ótimo ou tempo mínimo, para que a extração de óleo essencial seja satisfatória, corresponde ao ponto no qual o modelo linear se transforma em um platô, em relação à abscissa. Para o ajuste do modelo foi utilizado o *software* SAEG 9.1 Demo.

### 3.5 Análise da composição química do óleo essencial

Para a análise de composição química de óleo essencial, além da metodologia de coleta já descrita no item de óleo essencial de candeia, para o período de quatro horas, de quatro a seis e de seis a oito horas de extração, foram realizadas extrações com somente duas horas, sem controle de rendimento do óleo essencial, com objetivo apenas de verificar os teores dos componentes majoritários neste período. Como na indústria os tempos de extração vão além de quatro horas, somente a partir deste período foi realizado o cálculo do rendimento, e assim obtendo, por proporção, o rendimento em  $\alpha$ -bisabolol, composto de interesse.

Foram analisadas amostras do óleo essencial de candeia em cada subtratamento, de cada tratamento, em cada bloco, com duas, quatro, de quatro a

seis e de seis a oito horas de extração. Para isto, as amostras de cada tempo em cada combinação de espaçamento, desrama e bloco, feitas em triplicatas, foram misturadas em constância de volume e diluídas em 1,0 $\mu$ L de diclorometano, na concentração de 1% de óleo essencial. Esta solução foi enviada para a análise qualitativa do óleo essencial.

As análises qualitativas dos óleos essenciais foram realizadas no Departamento de Química do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG– Belo Horizonte, por Cromatografia em fase gasosa, acoplada à espectrometria de massa CG-EM. O cromatógrafo utilizado foi o modelo Agilent 7890A equipado com detector seletivo de massa modelo MSD 5975C e autosampler 7643. O equipamento foi operado nas seguintes condições: coluna capilar de 30 m x 0,25 mm x 0,25 DI com fase ligada HP-5MS; temperatura da fonte de íons de 280 °C; programação da coluna com temperatura inicial de 50 °C por 2 min, com um aumento de 4°C/min., até 200 °C, depois 10 °C/min até 300 °C , finalizando com uma temperatura de 300 °C por 2 min; gás carreador hélio (1 mL.min<sup>-1</sup>); pressão inicial na coluna de 100,2 KPa; taxa de split 1:80 e volume injetado de 1,0  $\mu$ L (1% de solução em diclorometano). Para o espectrômetro de massas (EM), foram utilizadas as seguintes condições: energia de impacto de 70 eV; velocidade de decomposição 1000; intervalo de decomposição de 0,50; e fragmentos de 40 Da e 550 Da de compostos. Foi injetada, nas mesmas condições da amostra, uma série de padrões de hidrocarbonetos lineares (C<sub>8</sub>H<sub>20</sub>). Os espectros obtidos foram comparados ao banco de dados da biblioteca Wiley 229 e o índice Kovats, calculado para cada constituinte, foi comparado ao tabelado, de acordo com Adams (2007).

### **3.5.1 Análise estatística da composição química do óleo essencial**

Os dados de composição química do óleo essencial serão comparados

quanto ao seu comportamento, em relação ao rendimento em óleo essencial, à variação do tempo e de acordo com as densidades de plantio e prática de desrama. E serão realizadas análises de variância quando apropriadas.

### **3.5.2 Análise de regressão do rendimento de $\alpha$ -bisabolol e tempo extração**

Foi estabelecido um intervalo de tempo de extração, para adequação da metodologia de extração de óleo essencial de candeia, com base nos rendimento de  $\alpha$ -bisabolol. Seu limite inferior foi determinado de acordo com o método do modelo linear segmentado com platô, determinando o tempo mínimo de extração; já o limite superior foi determinado pelo método da curvatura empírica (OLIVEIRA, 2011), em que se buscou o menor valor de estabilização da curva de rendimento acumulado de óleo essencial, conseqüentemente, obtendo-se o tempo máximo de extração. Este procedimento foi feito de forma análoga à determinação do melhor intervalo de tempo de extração para o rendimento em óleo essencial, para verificar se os intervalos para extração do óleo essencial e de  $\alpha$ -bisabolol são o mesmo.

Foram realizados testes preliminares, que indicaram o modelo monomolecular como o mais apropriado para descrever a relação entre as médias de rendimentos de óleo essencial na base seca, com o tempo de extração (quatro, seis e oito horas), de forma cumulativa e incluindo o tempo zero.

### **3.6 Amostragem do solo**

Ao lado de cada árvore cubada foram retiradas amostras de solos de 0 a 20 centímetros e de 20 a 40 centímetros de profundidade. Estas amostras foram enviadas para análise, no Laboratório de Análise do Solo, Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde foram calculados os valores de: pH em água, acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), enxofre (S), fósforo disponível (P),

potássio disponível (K), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), saturação por bases (V), saturação de alumínio (m), fósforo remanescente (Prem), matéria orgânica (MO) e os valores médios das características físicas do solo (areia, silte e argila), de todas as 64 amostras.

### **3.6.1 Análise multivariada da composição do solo e do óleo essencial**

As possíveis relações existentes entre os rendimentos de cada composto identificado do óleo essencial e as variáveis ambientais, referentes ao solo, foram testadas através de técnica multivariada, por meio da análise de correspondência canônica (CCA), no programa PC-ORD 5 for Windows. Na matriz das variáveis do solo, utilizaram-se apenas as propriedades químicas, na profundidade 0-20 cm e 20-40 cm, totalizando 20 variáveis. Já a matriz com os rendimentos foi formada com os seis compostos identificados pela cromatografia para um total de 32 árvores. Após uma CCA preliminar os dados foram transformados em  $\log(n+1)$ , para compensar os desvios causados pela baixa frequência dos valores mais elevados (TER BRAAK, 1995); também foi feita a análise sem estes, para verificar se a tendência apresentada era coincidente para todas as amostras ou se havia interferência somente de extremos.

A análise produz, graficamente, uma ordenação na qual as amostras são representadas por pontos e as variáveis de solo aparecem como setas, indicando a direção de seu aumento no espaço de ordenação e com distância da origem proporcional à sua importância na explicação da variância projetada em cada eixo (CUNHA et al., 2003). Calcularam-se os autovalores, a variância explicada de cada eixo de ordenação e os coeficientes de correlação de Pearson. Foi realizado, também, em conjunto com a CCA, o teste de Monte Carlo, que consiste em permutar, aleatoriamente, as linhas da matriz de variáveis ambientais, com o intuito de testar a significância da correlação entre as duas

matrizes, identificando a probabilidade de acerto da relação notada entre as matrizes originais (SOUZA et al., 2003), ou seja, testa a probabilidade de acertos nas relações encontradas (AUBERT; OLIVEIRA FILHO, 1994).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Densidade básica do lenho e da casca

A análise de variância mostrou que a diferença de espaçamento e a desrama não ocasionaram diferenças significativas na densidade básica amostradas nas posições de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore. Porém, as diferentes posições amostradas e, a interação das posições amostradas com a desrama apresentaram resultados significativos para a densidade básica do lenho (Tabela 8).

Tabela 8 Análise de variância para a densidade básica do lenho amostrados a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% em relação à altura comercial da candeia

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,0121	0,004	2,132	0,1663
Espaçamento	3	0,0074	0,0025	1,306	0,3313
Erro 1	9	0,0171	0,0019		
Desrama	1	0,0092	0,0092	1,742	0,2115
Desrama*Espaçamento	3	0,0029	0,0009	0,18	0,9082
Erro 2	12	0,0638	0,0053		
Posição Hc	4	0,1707	0,0427	54,514	0,0000
Posição Hc*Desrama	4	0,0169	0,0042	5,399	0,0006
Posição Hc*Espaçamento	12	0,0013	0,0001	0,143	0,9997
Posição Hc*Desrama*Espaç.	12	0,0131	0,0011	1,396	0,1809
Erro 3	96	0,0752	0,0008		
Total corrigido	159	0,3899			
CV 1 (%): 6,93				Num. Obs.:	160
CV 2 (%): 11,59					
CV 3 (%): 4,45				Média (g.cm <sup>-3</sup> ):	0,6291

Espaç: espaçamento; Posição Hc: posição de retirada do disco em que a densidade básica foi amostrada; GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; CV 3: coeficiente de variação para a posição de retirada do disco; Num. Obs.: número de observações.

Como o espaçamento não causou efeito significativo, a média geral para

cada posição amostrada na árvore para o lenho, com desrama e sem desrama, representa todos os dados (Tabela 10). Sendo assim, o teste Scott Knott com 5% de significância indicou, no desdobramento da desrama, dentro de cada altura amostrada, que a desrama provocou uma diminuição significativa na densidade do disco a 0%. As plantas mostraram a tendência de a densidade decrescer no sentido da base para o topo da árvore, sendo que para as plantas submetidas à desrama ou não, o disco da base apresentou valor superior aos demais, o disco 25% e 50% apresentaram mesma importância estatística e superiores aos discos 75% e 100% que não apresentaram diferenças entre si.

Já para a casca, a análise de variância (Tabela 9) indicou haver diferença somente entre as posições de onde foram retiradas as amostras.

Tabela 9 Análise de variância para a densidade básica da casca amostradas a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% em relação à altura comercial da candeia

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,0039	0,0013	0,275	0,8422
Espaçamento	3	0,0272	0,0091	1900	0,2001
Erro 1	9	0,0429	0,0048		
Desrama	1	0,0058	0,0058	1854	0,1983
Desrama*Espaçamento	3	0,0046	0,0015	0,487	0,6978
Erro 2	12	0,0376	0,0031		
Posição Hc	4	0,1895	0,0474	38289	0,0000
Posição Hc*Desrama	4	0,0129	0,0011	0,867	0,5830
Posição Hc*Espaçamento	12	0,0120	0,0030	2428	0,0530
Posição Hc*Desrama*Espaç.	12	0,0171	0,0014	1155	0,3267
Erro 3	96	0,1188	0,0012		
Total corrigido	159	0,4722			
CV 1 (%): 18,72				Num. Obs.:	160
CV 2 (%): 15,16					
CV 3 (%): 9,53				Média (g.cm <sup>-3</sup> ):	0,369

Espaç: espaçamento; Posição Hc: posição de retirada do disco em que a densidade básica foi amostrada; GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; CV 3: coeficiente de variação para a posição de retirada do disco; Num. Obs.: número de observações.



Como a desrama e o espaçamento de plantio não influenciaram na densidade da casca, a média geral em cada posição amostrada é representativa. Os resultados do teste de médias Scott Knott, com 5% de significância, indicaram diferenças entre todas as posições de coleta, sendo que a densidade da casca decresce da base para o topo (Tabela 10).

Tabela 10 Densidade básica ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) da casca e do lenho de candeia nas porcentagens relativas (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) à altura comercial, e densidade média ponderada da árvore submetida ou não a desrama

	Material	Casca	Lenho		Árvore	
	Desrama	-	Com	Sem	Com	Sem
Posição Hc	0%	0,417 a	0,662 aB	0,716 aA		
	25%	0,398 b	0,628 b	0,636 b		
	50%	0,363 c	0,629 b	0,621 b	0,614A	0,626A
	75%	0,344 d	0,602 c	0,610 c		
	100%	0,324 e	0,587 c	0,601 c		

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott e Knott, a 5% de probabilidade.

Ao analisar o Gráfico 4, nota-se que a densidade da base do lenho apresentou uma maior redução sob efeito da desrama, em relação ao restante da árvore, o que pode estar relacionado ao efeito que a desrama provoca na planta. De acordo com o Gráfico 5, verificou-se que as plantas que não foram desramadas concentraram seu crescimento na base, tendo uma maior densidade básica nesta região; quando a planta é desramada seu crescimento tornou-se mais homogêneo ao longo do fuste e sua base, em proporção, tem o seu crescimento em circunferência reduzido, ao passo que o restante da árvore o tem aumentado. Isso indica uma melhor distribuição dos recursos ao longo do fuste, o que traz como consequência a redução da densidade em sua base.

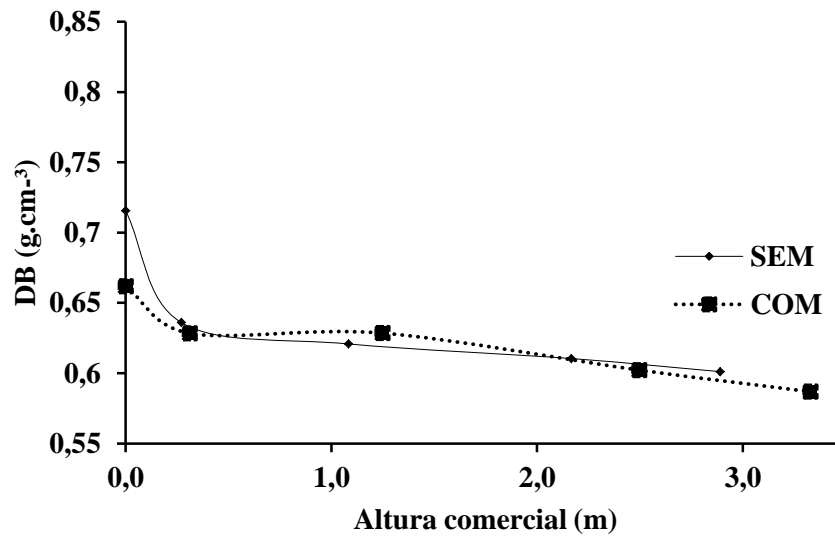


Gráfico 4 Comportamento da densidade básica do lenho, ao longo do fuste principal da árvore, com e sem o efeito da desrama

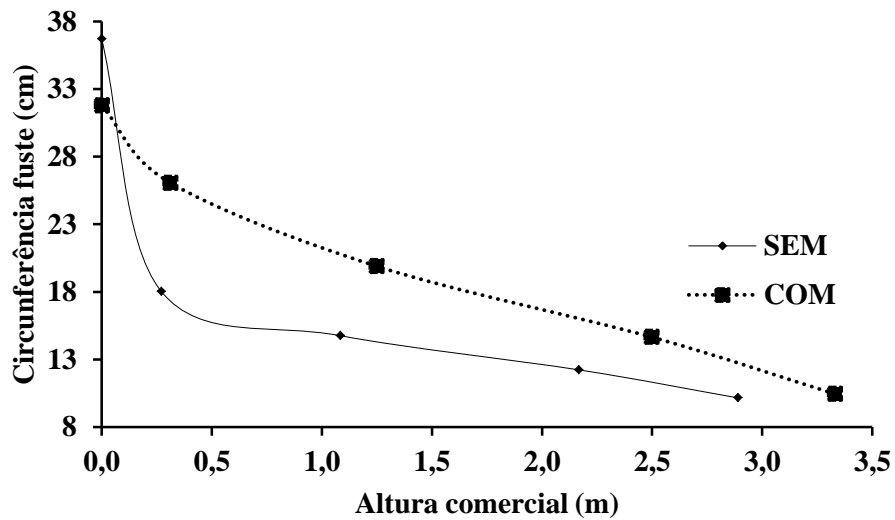


Gráfico 5 Comportamento da circunferência, ao longo do fuste principal da árvore, com e sem o efeito da desrama

É importante ressaltar que a grande diferença do diâmetro da base em

relação ao restante do fuste principal, para as árvores não desramadas acontece devido à presença de fustes secundários, que normalmente se inserem a alguns centímetros de altura do solo, tendo uma base em comum. Este fato, também, colabora com a explicação da densidade da base destas plantas ser maior que em plantas desramadas.

As análises de variância para as densidades média ponderadas da casca, do lenho e da árvore, encontram-se na Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13 respectivamente. Nota-se que o espaçamento não foi significativo em nenhum dos casos e que a desrama somente diferenciou a densidade média ponderada da casca, (Tabela 14) que obteve valor de  $0,371\text{g.cm}^{-3}$ , para as plantas sem desrama e  $0,390\text{g.cm}^{-3}$  para as plantas com desrama, indicando que esta prática aumenta a densidade média ponderada da casca.

Tabela 11 Análise de variância para a densidade média ponderada da casca da candeia, aos nove anos de idade

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,0012	0,0004	0,372	0,7752
Espaçamento	3	0,0039	0,0013	1,236	0,3525
Erro 1	9	0,0094	0,0010		
Desrama	1	0,0028	0,0028	4,752	0,0499
Espaçamento*Desrama	3	0,0014	0,0005	0,777	0,5293
Erro 2	12	0,0071	0,0006		
Total corrigido	31	0,0257			
CV 1 (%):	8,47			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	6,4			Média ( $\text{g.cm}^{-3}$ ):	0,381

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Para os valores de densidade média ponderada pelo volume, observa-se que a desrama causou uma leve redução nos valores da densidade média ponderada do lenho, porém não significativa.

A densidade média ponderada da árvore, também não foi afetada pelos

tratamentos e subtratamentos; sendo assim, o valor de  $0,62 \text{ g.cm}^{-3}$  representa a densidade para a candeia, nas condições deste experimento, assim como o valor de para  $0,637 \text{ g.cm}^{-3}$  considerando apenas o lenho.

Tabela 12 Análise de variância para a densidade média ponderada do lenho da candeia, aos nove anos de idade

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,0032	0,0011	3,555	0,0606
Espaçamento	3	0,0012	0,0004	1,37	0,3131
Erro 1	9	0,0027	0,0003		
Desrama	1	0,0018	0,0018	1,608	0,2289
Espaçamento*Desrama	3	0,0006	0,0002	0,166	0,9172
Erro 2	12	0,0137	0,0011		
Total corrigido	31	0,0232			
CV 1 (%):	2,72			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	5,31			Média ( $\text{g.cm}^{-3}$ ):	0,636

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tabela 13 Análise de variância para a densidade média ponderada da árvore da candeia, aos nove anos de idade

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,0025	0,0008	2,585	0,1178
Espaçamento	3	0,0011	0,0004	1,137	0,3854
Erro 1	9	0,0029	0,0003		
Desrama	1	0,0012	0,0012	1,178	0,2991
Espaçamento*Desrama	3	0,0006	0,0002	0,186	0,9042
Erro 2	12	0,0122	0,0010		
Total corrigido	31	0,0205			
CV 1 (%):	2,92			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	5,14			Média ( $\text{g.cm}^{-3}$ ):	0,620

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Para a candeia nativa, Scolforo et al. (2004) encontraram que a densidade média ponderada variou entre  $0,60$  e  $0,78 \text{ g.cm}^{-3}$ , com uma

predominância de valores entre 0,63 e 0,71 g.cm<sup>-3</sup>. Camolesi (2007) e Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) trabalharam com três municípios de Minas Gerais e encontraram que, em Aiuruoca, a densidade média ponderada da árvore foi de 0,63 g.cm<sup>-3</sup> e a densidade básica média da casca foi de 0,41 g.cm<sup>-3</sup>; para o município de Delfim Moreira, a densidade média ponderada da árvore foi de 0,63 g.cm<sup>-3</sup> e a densidade média da casca foi de 0,44 g.cm<sup>-3</sup> e para Ouro Preto estes autores encontraram os valores 0,68 g.cm<sup>-3</sup> e 0,48 g.cm<sup>-3</sup> para as variáveis consideradas, na mesma ordem.

Tabela 14 Densidade média ponderada (g.cm<sup>-3</sup>) por espaçamento, submetidas ou não a desrama, para a casca, lenho e para a árvore de candeia

	Material	Casca		Lenho		Árvore		
		Desrama	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
Espaç.	1,5x1,5		0,369	0,363	0,624	0,648	0,608	0,629
	1,5X2,0		0,378	0,372	0,630	0,653	0,615	0,636
	1,5X2,5		0,408	0,378	0,638	0,646	0,622	0,627
	1,5X3,0		0,406	0,373	0,623	0,629	0,609	0,612
	Média		0,390*	0,371	0,629	0,644	0,614	0,626

Espaç.: espaçamento de plantio (m); \*: significativo de acordo com a análise de variância pelo teste F.

Mori (2008) encontrou, para candeias nativas localizadas no município de Aiuruoca, a 1000 metros de altitude, uma densidade de 0,74 g.cm<sup>-3</sup> e para 1100 metros de altitude, a densidade de 0,68 g.cm<sup>-3</sup>. Mori et al. (2010) analisaram a densidade básica dos discos de candeia nativa, *E. erythropappus*, retirados a 1,30 metros do solo, de árvores provenientes do município de Carrancas e encontraram o valor médio de 0,79 g.cm<sup>-3</sup>.

De acordo com as normas de classificação para madeiras da Forest Products Laboratory (1973), a densidade de 0,62 g.cm<sup>-3</sup>, encontrada para a candeia plantada, a insere no grupo de madeiras que possuem densidades básicas de 0,60 g.cm<sup>-3</sup> a 0,72 g.cm<sup>-3</sup>, classificadas como muito pesadas. Verifica-se que o valor de densidade da candeia plantada foi equivalente ao de candeias nativas;

considerando que a maioria destas também recebe a classificação de madeira muito pesada, isso indica um aspecto positivo e vantajoso para o plantio da espécie, já que aos nove anos de idade os indivíduos plantados já possuem valores de densidade equivalentes aos de candeais nativos.

#### 4.2 Análise das variáveis dendrométricas

A análise de variância (Tabela 15) indicou que houve diferença entre os espaçamentos de plantio e que a desrama não influenciou nos valores médios do diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) das árvores médias, com valores de coeficientes de variação relativamente baixos. De acordo com o teste Tukey a 5% de significância (Tabela 16), o menor espaçamento resultou em menor DAP, em relação ao maior espaçamento, isto se deve à competição entre as plantas por luz, água e nutrientes ser maior no plantio mais adensado. Os espaçamentos 1,5x2,0 e 1,5x2,5 não apresentaram diferença estatística entre si, embora apresentem uma relação direta entre o aumento do espaçamento e o DAP.

Tabela 15 Análise de variância para os valores de DAP (cm) da candeia aos nove anos de idade em relação ao espaçamento e a desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,37276	0,1243	0,203	0,8918
Espaçamento	3	8,61401	2,8713	4,691	0,0308
Erro 1	9	5,50941	0,6122		
Desrama	1	0,80645	0,8065	2,218	0,1622
Espaçamento*Desrama	3	0,70313	0,2344	0,645	0,6011
Erro 2	12	4,36323	0,3636		
Total corrigido	31	20,369			
CV 1 (%):	10,91			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	8,41			Média (cm):	7,17

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Este resultado está de acordo com o esperado e encontrado na literatura

para outras espécies florestais, onde maior número de indivíduos por área, acarreta em uma diminuição na variável DAP (BERGER, 2000; RONDON, 2002; SCOLFORO, 2006). Os resultados detalhados das médias do DAP por espaçamento e desrama encontram-se na Tabela 17. Nota-se a alta variabilidade, quando se consideram todos os dados ao invés dos valores médios.

Tabela 16 Valores médios de DAP para a candeia aos nove anos de idade nos diferentes espaçamentos de plantio

Espaçamento (m)	DAP (m)
1,5x1,5	6,37 a
1,5x2,0	7,13 ab
1,5x2,5	7,38 ab
1,5x3,0	7,80 b
Média	7,17

DAP: diâmetro a 1,30 metros do solo; médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Apesar de não significativa, a desrama propiciou árvores com maior DAP médio (Tabela 17) em todos os espaçamentos, exceto para o maior (1,5x3,0). Observa-se, também, que a diferença entre os valores de DAP com desrama e sem desrama foram de 11,26%, 2,3%, 4,73%, para os espaçamentos 1,5x1,5; 1,5x2,0 e 1,5x2,5 respectivamente, até tornar-se negativa no espaçamento 1,5x3,0, com redução de 0,77%. Pode-se inferir que as plantas dos três menores espaçamentos sem desrama estavam em competição, prejudicando o incremento em DAP e que a desrama com a retirada de fustes secundários e galhos da porção inferior da copa, melhorou o desenvolvimento das plantas, para esta variável. É importante ressaltar que esta comparação só é possível e válida, porque o DAP das plantas com fustes secundários, que é o caso das plantas sem desramas, é na verdade o diâmetro fundido de todos os fustes.

Tabela 17 Diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) da candeia aos nove anos de idade, submetida a diferentes espaçamentos, com e sem desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	DAP (cm)
Sem	1,5x1,5	Média	5,95
		CV (%)	27,00
	1,5x2,0	Média	6,96
		CV (%)	28,66
	1,5x2,5	Média	7,19
		CV (%)	30,58
	1,5x3,0	Média	7,82
		CV (%)	27,58
	Média	Média	7,01
		CV (%)	30,22
Com	1,5x1,5	Média	6,62
		CV (%)	28,15
	1,5x2,0	Média	7,12
		CV (%)	31,79
	1,5x2,5	Média	7,53
		CV (%)	26,20
	1,5x3,0	Média	7,76
		CV (%)	27,05
	Média	Média	7,29
		CV (%)	28,76
Média	Geral	Média	7,15
		CV (%)	29,55

Se comparados com os dados presentes na literatura para a candeia nativa, Pérez (2001) e Pérez et al. (2004) determinaram, através de análise de tronco, que as árvores pertencentes à classe de diâmetro de cinco a dez centímetros, com DAP médio de 7,37cm, tem em média 18 anos de idade, em um candeal localizado no município de Aiuruoca, MG. Já Mori et al. (2009), em áreas localizadas a 1000 e 1100 metros de altitude em Aiuruoca, para a mesma classe de diâmetro (média de DAP de 6,80 cm e 6,90 cm, na mesma sequência), encontrou uma média de idade de 34 anos e 24 anos, respectivamente, para as duas áreas consideradas. Isto mostra o potencial de desenvolvimento da candeia



plantada, já que seu crescimento em DAP aos nove anos se equipara ao de árvores nativas com idades entre 18 e 34 anos, exceto para o menor espaçamento 1,5x1,5.

Já na altura total das plantas, de acordo com a análise de variância (Tabela 18), a densidade de plantio não teve interferência, mas a desrama provocou um aumento significativo desta variável (Tabela 19).

Tabela 18 Análise de variância para os valores de altura total (m) da candeia aos nove anos de idade em relação ao espaçamento e a desrama.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,40554	0,1352	0,986	0,4419
Espaçamento	3	0,15636	0,0521	0,38	0,7698
Erro 1	9	1,23399	0,1371		
Desrama	1	0,50501	0,505	9,252	0,0102
Espaçamento*Desrama	3	0,14316	0,0477	0,874	0,4815
Erro 2	12	0,65503	0,0546		
Total corrigido	31	3,09909			
CV 1 (%):	7,73		Num. Obs.:	32	
CV 2 (%):	4,88		Média (m):	4,76	

GL: grau de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Floriano (2004), em estudo sobre o efeito da desrama no crescimento de *Pinus elliottii*, e Finger et al. (2001), para *Eucalyptus saligna*, verificaram que esta não interferiu no crescimento em altura e diâmetro das árvores, já Pires, Reis e Reis (2002) encontraram que as árvores de *Eucalyptus grandis* que as árvores desramadas cresceram menos em altura e diâmetro que as sem o efeito desta prática. Springmann, Rogers e Spiecker (2011) concluíram que a desrama não influenciou na altura e provocou uma redução no crescimento em diâmetro para a espécie *Prunus avium*. Essas variações nas respostas das plantas à aplicação de desrama artificial dependem, certamente, da capacidade de

recuperação da copa das plantas, de cada material genético após a desrama, bem como da proporção de área foliar total removida (PULROLNIK; REIS; REIS, 2009).

Tabela 19 Médias da altura total (HT) para candeia aos nove anos de idade, com e sem desrama

Desrama	HT(m)
Sem	4,66a
Com	4,87 b
Média	4,76

Médias com letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste F.

Os valores detalhados para a altura total são apresentados na Tabela 20. Nota-se que esta variável não apresentou tendência clara para a variação do espaçamento.

A desrama propiciou árvores com maior HT média (Tabela 20), em todos os espaçamentos, sendo que a diferença entre os valores de altura total com desrama e sem desrama foi de 8,08%, 2,08%, 6,48% e 1,51 para os espaçamentos 1,5x1,5; 1,5x2,0; 1,5x2,5 e 1,5x3,0 respectivamente.

Peréz (2001) e Peréz et al. (2004) encontraram para a classe de diâmetro de 5 cm a 10 cm, para a candeia nativa, uma altura média de 6,61 m; Camolesi (2007) e Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) encontraram, para a mesma classe de diâmetro, para as candeias nativas provenientes do município de Delfim Moreira, uma altura média de 6,64m, para Aiuruoca a altura média foi de 6,68 m e para Ouro Preto, de 6,13 m. Considerando a maior diferença entre as médias das alturas das plantas nativas e das plantadas, estas últimas são menores até 2,10 m.

Para a produção florestal, principalmente, destinada à extração de óleo essencial, a massa seca por árvore é um fator muito importante, pois os rendimentos de óleo essencial são relacionados com esta variável e, em um

povoamento, árvores com maior massa seca são preferidas, já que sua produção por área será maior, considerando as outras fontes de variação constantes (manejo, ambiental e genética).

Tabela 20 Altura total (HT) para a candeia aos nove anos de idade, submetidas ou não a desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	HT (m)	
Sem	1,5x1,5	Média	4,58	
		CV (%)	11,34	
	1,5x2,0	Média	4,79	
		CV (%)	10,48	
	1,5x2,5	Média	4,63	
		CV (%)	10,87	
	1,5x3,0	Média	4,65	
		CV (%)	10,56	
	Média	Média	4,66	
		CV (%)	10,92	
	Com	1,5x1,5	Média	4,95
			CV (%)	13,73
1,5x2,0		Média	4,89	
		CV (%)	13,07	
1,5x2,5		Média	4,93	
		CV (%)	12,28	
1,5x3,0		Média	4,72	
		CV (%)	12,19	
Média		Média	4,87	
		CV (%)	12,92	
Média		Geral	Média	4,76
			CV (%)	12,17

As Tabela 21 e Tabela 22 indicam que a massa seca, tanto sem casca como com casca, não sofreram interferência significativa dos espaçamentos de plantio e da prática de desrama e que os coeficientes de variação foram muito altos, com valores superiores a 25,93% devido às questões genéticas.

Tabela 21 Análise de variância para os valores de massa seca (kg/árv) sem casca da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e à desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	7,823	2,6077	0,413	0,7479
Espaçamento	3	32,8515	10,9505	1,733	0,2295
Erro 1	9	56,8579	6,3175		
Desrama	1	2,6912	2,6912	0,666	0,4304
Espaçamento*Desrama	3	10,8984	3,6328	0,899	0,4701
Erro 2	12	48,4983	4,0415		
Total corrigido	31	159,6204			
CV 1 (%):	33,42			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	26,73			Média (kg/árv.):	7,52

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tabela 22 Análise de variância para os valores de massa seca (kg/árv) com casca da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e à desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	9,0884	3,0294	0,419	0,7437
Espaçamento	3	39,138	13,046	1,805	0,2163
Erro 1	9	65,0585	7,2287		
Desrama	1	3,3024	3,3024	0,731	0,4093
Espaçamento*Desrama	3	12,6596	4,2199	0,934	0,4544
Erro 2	12	54,2159	4,518		
Total corrigido	31	183,4629			
CV 1 (%):	32,8			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	25,93			Média (kg/árv.):	8,2

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

De acordo com a Tabela 23 a massa seca, tanto com casca, como sem casca, sob efeito ou não da desrama, não apresentou uma tendência com o aumento do espaçamento, sendo que, para as plantas sem desrama os menores valores, 5,43 kg/árv e 4,99 kg/árv com e sem casca, respectivamente, foram

encontrados no espaçamento 1,5x1,5 e os maiores valores, 10,02 kg/árv e 9,14 kg/árv com e sem casca, respectivamente, foram encontrados no espaçamento 1,5x3,0. Já para as plantas desramadas, os menores valores, 7,4 kg/árv e 6,8 kg/árv, foram encontrados, também, no menor espaçamento e os maiores valores, 9,52 kg/árv e 8,86 kg/árv, com e sem casca, respectivamente, no espaçamento 1,5x2,0.

Tabela 23 Massa seca por árvore (Kg.árv<sup>-1</sup>), para a candeia com nove anos de idade, com e sem desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	PSsc (Kg.árv <sup>-1</sup> )	PScc (Kg.árv <sup>-1</sup> )
Sem	1,5x1,5	Média	4,99	5,43
		CV (%)	24,16	23,08
	1,5x2,0	Média	7,56	8,15
		CV (%)	20,52	20,25
	1,5x2,5	Média	7,23	7,9
		CV (%)	34,32	33,68
	1,5x3,0	Média	9,14	10,02
		CV (%)	21,4	22,27
	Média	Média	7,23	7,88
		CV (%)	31,29	31,4
Com	1,5x1,5	Média	6,8	7,4
		CV (%)	38,68	39,6
	1,5x2,0	Média	8,86	9,52
		CV (%)	42,12	39,47
	1,5x2,5	Média	7,69	8,51
		CV (%)	17,3	17,39
	1,5x3,0	Média	7,88	8,65
		CV (%)	14,42	14,16
	Média	Média	7,81	8,52
		CV (%)	29,62	28,47
Média Geral	Média	7,52	8,2	
	CV (%)	30,19	29,66	

PSsc: massa seca da árvore sem casca e PScc: massa seca para a árvore com casca.

Apesar de não significativa, a desrama tendeu a propiciar árvores com

maior massa seca com e sem casca, em todos os espaçamentos, exceto para o maior (1,5x3,0). Observa-se, também, que a diferença entre os valores de massa seca com desrama e sem desrama sofreu uma diminuição gradativa com o aumento do espaçamento de 36,37%; 17,19% e 6,36%, para os espaçamentos 1,5x1,5; 1,5x2,0 e 1,5x2,5, respectivamente, até torna-se negativa no espaçamento 1,5x3,0, com redução de 13,79%, para a massa seca sem casca. Para a massa seca com casca, estes valores, na mesma ordem foram, 36,27%; 16,80%; 7,72% e -13,67%, reforçando a hipótese de que as plantas dos menores espaçamentos sem desrama estavam em competição, o que prejudicou o incremento em massa seca, e que a desrama com a retirada de fustes secundários e galhos da porção inferior da copa, melhorou o desenvolvimento das plantas, também, para esta variável.

Peréz (2001) e Peréz et al. (2004) encontraram para a classe de diâmetro de 5cm a 10cm, para a candeia nativa, também para o fuste até 3 centímetros de diâmetro, uma massa seca de 11,3 kg/árv; Camolesi (2007) e Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) encontraram para a mesma classe de diâmetro, para as candeias nativas, provenientes do município de Delfim Moreira, uma massa seca de 11,09 kg/árv, para Aiuruoca, de 11,65 kg/árv e para Ouro Preto de 11,59 kg/árv. Valores que são de 1,07 kg/árv até 6,22 kg/árv maiores, o que era esperado, já que as árvores desta classe, como já descrito anteriormente, são mais velhas, com maior altura, com DAP e densidade básica equivalentes aos das plantadas, o que mostra que nesta idade, provavelmente, a candeia plantada ainda não produzirá um teor de óleo essencial similar ao das nativas, necessitando de mais alguns anos para que isto aconteça.

Para o volume individual sem casca (Tabela 24) e com casca (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), as análises de variância indicaram que a diferença entre espaçamentos de plantio e a prática de desrama não ocasionaram uma resposta nestas variáveis. Isto deve estar relacionado aos altos coeficientes

de variação, acima de 27,52%, ocasionados, em parte pelo material genético não homogêneo das plantas que compõem este experimento.

Tabela 24 Análise de variância para os valores de volume por árvore sem casca ( $m^3/\text{árv}$ ) da candeia aos nove anos de idade em relação ao espaçamento e a desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,000029	0,00001	0,648	0,6034
Espaçamento	3	0,000087	0,000029	1,951	0,192
Erro 1	9	0,000133	0,000015		
Desrama	1	0,000013	0,000013	1,071	0,3212
Espaçamento*Desrama	3	0,000032	0,000011	0,916	0,4625
Erro 2	12	0,000142	0,000012		
Total corrigido	31	0,000436			
CV 1 (%):	32,43			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	28,97			Média ( $m^3/\text{árv}$ ):	0,011867

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tabela 25 Análise de variância para os valores de volume por árvore com casca ( $m^3/\text{árv}$ ), da candeia aos nove anos de idade em relação ao espaçamento e a desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,000036	0,000012	0,653	0,6008
Espaçamento	3	0,000110	0,000037	2,010	0,1831
Erro 1	9	0,000164	0,000018		
Desrama	1	0,000014	0,000014	1,013	0,3341
Espaçamento*Desrama	3	0,000042	0,000014	1,003	0,4248
Erro 2	12	0,000169	0,000014		
Total corrigido	31	0,000536			
CV 1 (%):	31,34			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	27,52			Média ( $m^3/\text{árv}$ ):	0,01364

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tanto as plantas desramadas como as sem desrama tenderam a

apresentar menores valores de volume individual com e sem casca no espaçamento mais adensado, 1,5x1,5 (Tabela 26). Para as plantas desramadas, os maiores valores de volume foram obtidos no espaçamento 1,5x2,0, de 0,01430 m<sup>3</sup> por árvore sem casca e 0,01605 m<sup>3</sup> por árvore com casca. Já para as plantas sem desrama, os maiores valores de volume foram de 0,01456m<sup>3</sup> e 0,01688m<sup>3</sup>, na mesma ordem, no maior espaçamento. Estas tendências foram as mesmas obtidas para a variável massa seco.

Tabela 26 Volume de madeira por árvore (m<sup>3</sup>.árv<sup>-1</sup>), para a candeia com nove anos de idade, com e sem desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	VAsc (m <sup>3</sup> /árv)	VAcc (m <sup>3</sup> /árv)	
Sem	1,5x1,5	Média	0,00766	0,00889	
		CV (%)	19,31	18,5	
	1,5x2,0	Média	0,01164	0,01324	
		CV (%)	18,7	18,56	
	1,5x2,5	Média	0,0111	0,01287	
		CV (%)	31,6	30,67	
1,5x3,0	Média	0,01456	0,01688		
	CV (%)	22,59	22,97		
Média		Média	0,01124	0,01297	
		CV (%)	31,35	31,24	
Com	1,5x1,5	Média	0,011	0,01261	
		CV (%)	42,57	43,62	
	1,5x2,0	Média	0,0143	0,01605	
		CV (%)	46,08	42,13	
	1,5x2,5	Média	0,012	0,01398	
		CV (%)	14,75	14,72	
	1,5x3,0	Média	0,01268	0,01457	
		CV (%)	13,23	12,8	
	Média		Média	0,0125	0,0143
			CV (%)	31,8	29,96
Média Geral		Média	0,01187	0,01364	
		CV (%)	31,59	30,49	

VAsc: volume da árvore sem casca e VAcc: volume da árvore com casca.



Em relação à desrama, os valores de volume individual com casca e sem casca (Tabela 26) tenderam a ser maiores em árvores submetidas a esta prática em todos os espaçamentos, exceto para o maior (1,5x3,0). Observa-se, também, que a diferença entre os valores de volume individual com desrama e sem desrama sofreu uma diminuição gradativa com o aumento do espaçamento de 43,60%; 22,85% e 8,11% para os espaçamentos 1,5x1,5; 1,5x2,0 e 1,5x2,5, respectivamente, até tornar-se negativa no espaçamento 1,5x3,0, com redução de 12,91% para o volume da árvore sem casca; para o volume da árvore com casca, estes valores, na mesma ordem, foram: 41,84%; 21,22%; 8,62% e -13,69%.

Estas tendências reforçam hipótese de que as plantas dos menores espaçamentos sem desrama estavam em competição, prejudicando o incremento, também, em volume individual e que a desrama melhorou o desenvolvimento das plantas, também, para esta variável. Pode-se, inferir também, que apesar de não serem significativas estas diferenças, a prática da desrama para o maior espaçamento torna-se interessante, somente, para a produção de madeira de melhor qualidade, mas não em produção em volume.

Em relação à candeia nativa, Camolesi (2007) e Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) encontraram, considerando a menor classe de diâmetro, de 5cm a 10cm de DAP, os volumes médios para o município de Delfim Moreira de 0,01758 m<sup>3</sup>/árv, para o volume com casca e de 0,01389 m<sup>3</sup>/árv para o volume sem casca, já para Aiuruoca os valores encontrados foram de 0,01849 m<sup>3</sup>/árv e de 0,01383 m<sup>3</sup>/árv e para Ouro Preto foram de 0,01718 m<sup>3</sup>/árv e de 0,01319 m<sup>3</sup>/árv respectivamente. Pérez (2001), para a mesma classe de diâmetro encontrou um volume médio com casca de 0,017594 m<sup>3</sup>/árv e sem casca de 0,013576 m<sup>3</sup>/árv. Esses valores de volume sem casca, estão condizentes com os volumes obtidos no espaçamento 1,5x2,0 das plantas sem desrama e nos espaçamentos com árvores desramadas, com exceção do menor espaçamento. Já os volumes individuais com casca apresentam-se maiores nas plantas nativas,

próximos apenas do maior valor encontrado nos espaçamentos sem desrama e ao maior encontrado no espaçamento com desrama, já descritos, podendo caracterizar uma vantagem da candeia plantada, em possuir menos casca, já que espera-se que o rendimento em óleo essencial desta seja muito inferior ao do lenho.

O peso seco e o volume por árvore não sofreram interferência dos tratamentos e da desrama de acordo com a análise de variância, mas observa-se uma tendência geral da desrama ser benéfica por aumentar os valores destas variáveis, assim como para o diâmetro, altura total e comercial. Quando a desrama é aplicada na parte não funcional da copa, ou seja, em ramos basais e folhas em senescência, o crescimento do fuste pode ser favorecido (PULROLNIK; REIS; REIS, 2009).

A candeia possui como característica elevado número de fustes secundários (SILVA, 2009). Sendo assim, a desrama promove um melhor desenvolvimento da árvore porque, além de retirar a porção da copa com folhas velhas, que consomem energia mais do que produzem, ela, também, concentra seu crescimento em apenas um fuste e muda a estratégia de crescimento que antes era lateral, para vertical. As espécies como eucalipto e pinus não apresentam grande quantidade de bifurcação se comparados à candeia, e a desrama consiste essencialmente na retirada de galhos e não de fustes secundários.

A porcentagem da casca (Tabela 27) apresentou valores próximos, com coeficientes de variação baixos e sem tendências claras para os diferentes espaçamentos e prática de desrama. Os valores variaram de 12,26% a 14,08%, podendo se fazer uso da média geral de 13,24%, para representar a porcentagem de casca para a candeia plantada com idade de nove anos. As porcentagens de casca encontradas para a candeia nativa por Camolesi (2007) e Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) foram de 21,36%, 25,03% e 23,5% para os

municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, respectivamente, para a classe de diâmetro de 5cm a 10cm. Scolforo et al. (2004) encontraram para a mesma classe de diâmetro uma porcentagem média de 23,92%.

Tabela 27 Porcentagem de casca por árvore, para a candeia com nove anos de idade, com e sem desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	Casca (%)	
Sem	1,5x1,5	Média	14,03	
		CV (%)	4,85	
	1,5x2,0	Média	12,26	
		CV (%)	8,23	
	1,5x2,5	Média	13,97	
		CV (%)	5,1	
	1,5x3,0	Média	13,75	
		CV (%)	2,73	
	Média	Média	13,5	
		CV (%)	7,34	
	Com	1,5x1,5	Média	12,47
			CV (%)	10,84
1,5x2,0		Média	12,28	
		CV (%)	22,51	
1,5x2,5		Média	14,08	
		CV (%)	0,73	
1,5x3,0		Média	13,11	
		CV (%)	2,66	
Média		Média	12,99	
		CV (%)	12,04	
Média Geral		Média	13,24	
		CV (%)	9,93	

De acordo com os valores de número de plantas por hectare e de mortalidade (Tabela 28) percebe-se, que a mortalidade foi maior nos dois espaçamentos mais adensados, e que nos tratamentos desramados esta, também, foi superior. A maior mortalidade resultante do aumento da densidade de plantio era esperada e concordante com a literatura, como exemplos pode-se citar

Smalley e Bailey (1974), Harrington, Harrington e Debell (2009), Knowe e Hibbs (1995) e Baldwin Júnior et al. (2000). Isto se deve à maior competição por recursos das plantas em menores espaçamentos.

Tabela 28 Número de plantas por hectare ( $\text{arv.ha}^{-1}$ ) e mortalidade (%), para a candeia aos nove anos de idade, com e sem desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	N ( $\text{arv.ha}^{-1}$ )	Mt (%)	
Sem	1,5x1,5	Média	3591,27	19,2	
		CV (%)	12,96	54,57	
	1,5x2,0	Média	2604,17	21,88	
		CV (%)	19,27	68,83	
	1,5x2,5	Média	2220,24	16,74	
		CV (%)	10,45	51,96	
	1,5x3,0	Média	1899,8	14,51	
		CV (%)	11,26	66,35	
	Média	Média	2578,87	18,08	
		CV (%)	28,61	57,74	
	Com	1,5x1,5	Média	3105,16	30,13
			CV (%)	26,28	60,93
1,5x2,0		Média	2358,63	29,24	
		CV (%)	22,98	55,6	
1,5x2,5		Média	2160,71	18,97	
		CV (%)	8,02	34,23	
1,5x3,0		Média	1949,4	12,28	
		CV (%)	2,26	16,13	
Média		Média	2393,48	22,66	
		CV (%)	26,45	60,57	
Média		Geral	Média	2486,17	20,37
			CV (%)	27,46	59,99

Em relação à prática da desrama, Montagu, Kearney e Smith (2003) afirmam que infecções através da ferida gerada pela retirada de galhos podem ocasionar um aumento na mortalidade. Páscoa et al. (2010), em estudo de um plantio experimental de candeia *E. erythropappus*, verificaram que os tratamentos desramados apresentaram mortalidades em média 23,1% menores

que os tratamentos não desramados, indicando a necessidade de mais estudos sobre o comportamento da candeia submetida a esta prática.

Na literatura as abordagens de volume ou massa seca por unidade de área mostram que menores espaçamentos resultam em maiores volumes e massa seca por área, mesmo com árvores de diâmetros menores, pois o número de indivíduos por área supera esta diferença. Para massa seca sem casca e com casca as análises de variância, presentes na Tabela 29 e Tabela 30, respectivamente, indicaram que os diferentes espaçamentos e a prática de desrama não influenciaram, significativamente, nestas variáveis, assim como para os volumes por hectare sem casca e com casca, o que pode ser visto na Tabela 31 e Tabela 32 respectivamente.

Tabela 29 Análise de variância para os valores de massa seca por área (kg/ha) sem casca em relação ao espaçamento e a desrama, para a candeia aos nove anos de idade

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	84884773	28294924	1,871	0,2048
Espaçamento	3	50283540	16761180	1,109	0,3953
Erro 1	9	136081494	15120166		
Desrama	1	1562828	1562828	0,527	0,4818
Espaçamento*Desrama	3	16917673	5639224	1,902	0,1832
Erro 2	12	35587459	2965621		
Total corrigido	31	325317769			
CV 1 (%):	22,4			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	9,92			Média (kg/ha):	17357,71

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

A análise de variância para o volume em metro estéreo não foi apresentada, pois este apresenta os mesmos resultados do teste F do volume em metro cúbico, já que é obtido pela multiplicação deste último por uma constante, que é o fator de empilhamento para a candeia (2,67). Este fator é determinado

pela Portaria nº 1, de 5 de janeiro de 2007 do IEF, que dita sobre o manejo de candeais nativos (MINAS GERAIS, 2007). Os valores transformados podem ser vistos na Tabela 34, para os diferentes tratamentos e subtratamentos.

Tabela 30 Análise de variância para os valores de massa seca por área (kg/ha) com casca, da candeia aos nove anos de idade em relação ao espaçamento e à desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	100443580	33481193	1,876	0,2041
Espaçamento	3	50322971	16774324	0,94	0,4611
Erro 1	9	160661118	17851235		
Desrama	1	2130471	2130471	0,568	0,4655
Espaçamento*Desrama	3	19904519	6634839	1,77	0,2063
Erro 2	12	44986733	378894		
Total corrigido	31	378449394			
CV 1 (%):	22,31			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	10,22			Média (kg/ha):	18940,1

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tabela 31 Análise de variância para os valores volume sem casca por hectare (m<sup>3</sup>/ha), da candeia aos nove anos de idade em relação ao espaçamento e à desrama.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	223,2996	74,4332	2,124	0,1673
Espaçamento	3	123,2463	41,0821	1,172	0,3732
Erro 1	9	315,4073	35,0452		
Desrama	1	15,2076	15,2076	1,545	0,2375
Espaçamento*Desrama	3	57,1466	19,0489	1,936	0,1777
Erro 2	12	118,0803	9,84		
Total corrigido	31	852,3877			
CV 1 (%):	21,66			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	11,48			Média (m <sup>3</sup> /ha):	27,33

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1 e CV 2: já definidos.

Tabela 32 Análise de variância para os valores volume com casca por hectare ( $m^3/ha$ ), da candeia aos nove anos de idade em relação ao espaçamento e à desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	294,7689	98,2563	2,149	0,164
Espaçamento	3	139,0196	46,3399	1,014	0,4309
Erro 1	9	411,4641	45,7182		
Desrama	1	14,6475	14,6476	1,113	0,3122
Espaçamento*Desrama	3	74,2287	24,7429	1,88	0,1868
Erro 2	12	157,9280	13,1607		
Total corrigido	31	1092,0570			
CV 1 (%):	21,47			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	11,52			Média( $m^3/ha$ ):	31,49

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Nos tratamentos sem a prática de desrama, nota-se que para as variáveis massa seca (Tabela 33) e volume por hectare (Tabela 34), os valores dos quatro espaçamentos de plantio foram próximos, com exceção do espaçamento 1,5x2,5 que obtiveram valores inferiores, apesar de não se diferirem estatisticamente. Já para os tratamentos desramados, houve uma tendência de os valores diminuírem com o aumento do espaçamento.

A diferença de produção de volume ( $m^3/ha$ ) com casca entre os tratamentos com desrama e sem desrama foi de 15,11%; 6,38%, 7,88% e -11,18%, para os espaçamentos 1,5x1,5; 1,5x2,0; 1,5x2,5 e 1,5x3,0, respectivamente; já para a variável massa seca com casca ( $kg/ha$ ), a diferença foi de 11,46%; 3,3%; 7,39% e -10,78% para os espaçamentos na mesma sequência anterior. Scolforo et al. (2008a) recomendam a desrama para a candeia no sentido de melhorar a forma do fuste, deixando-o mais cilíndrico e para evitar que as plantas fiquem com vários fustes, todos mais finos que o desejado.

Tabela 33 Massa seca por área ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), para a candeia aos nove anos de idade, com e sem desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	PSsc ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	PScc ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	
Sem	1,5x1,5	Média	17661,27	19251,82	
		CV (%)	19,38	18,55	
	1,5x2,0	Média	18195,93	19676,93	
		CV (%)	12,5	12,08	
	1,5x2,5	Média	15410,98	16865,21	
		CV (%)	23,08	22,83	
	1,5x3,0	Média	17278,68	18934,34	
		CV (%)	26,56	27,26	
	Média	Média	17136,72	18682,08	
		CV (%)	19,61	19,46	
	Com	1,5x1,5	Média	19759,97	21459,8
			CV (%)	17,55	18,21
1,5x2,0		Média	18779,09	20326,58	
		CV (%)	16,58	16,46	
1,5x2,5		Média	16381,97	18112,51	
		CV (%)	16,74	16,7	
1,5x3,0		Média	15393,79	16893,62	
		CV (%)	15,46	15,15	
Média		Média	17578,7	19198,13	
		CV (%)	18,25	17,94	
Média Geral		Média	17357,71	18940,1	
		CV (%)	18,66	18,45	

PSsc: massa seca da árvore sem casca; PScc: massa seca para a árvore com casca.

De acordo com os resultados aqui encontrados, considerando-se a idade de nove anos, sem a prática de desbastes e para o menor espaçamento, a desrama para a candeia faz-se interessante e promissora para a produção em volume e massa seca por área, provavelmente por diminuir a competição entre as plantas. São necessários maiores estudos ao longo do tempo, com a captação da variabilidade diamétrica do plantio, pois nesse caso a desrama torna-se interessante para a produção de moirões.



Tabela 34 Volume por área ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), para a candeia aos nove anos de idade, com e sem desrama

Desrama	Espaçamento (m)	Dados	VTsc ( $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ )	VTcc ( $\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ )	VTsc ( $\text{mst}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	VTcc ( $\text{mst}\cdot\text{ha}^{-1}$ )	
Sem	1,5x1,5	Média	27,19	31,57	72,6	84,3	
		CV (%)	14,62	14,21	14,62	14,21	
	1,5x2,0	Média	27,96	31,98	74,66	85,38	
		CV (%)	14,05	13,14	14,05	13,14	
	1,5x2,5	Média	23,82	27,67	63,61	73,89	
		CV (%)	22,12	21,63	22,12	21,63	
	1,5x3,0	Média	27,6	32,02	73,7	85,49	
		CV (%)	29,11	29,47	29,11	29,47	
	Média	Média	26,64	30,81	71,14	82,26	
		CV (%)	19,73	19,49	19,73	19,49	
	Com	1,5x1,5	Média	31,74	36,34	84,75	97,03
			CV (%)	20,44	21,32	20,44	21,32
1,5x2,0		Média	29,98	34,02	80,05	90,83	
		CV (%)	17,15	16,16	17,15	16,16	
1,5x2,5		Média	25,62	29,85	68,4	79,71	
		CV (%)	15,1	15,15	15,1	15,15	
1,5x3,0		Média	24,75	28,44	66,08	75,94	
		CV (%)	13,85	13,45	13,85	13,45	
Média		Média	28,02	32,16	74,82	85,88	
		CV (%)	18,94	18,59	18,94	18,59	
Média Geral		Média	27,33	31,49	72,98	84,07	
		CV (%)	19,18	18,85	19,18	18,85	

VAsc: volume da árvore sem casca e VAcc: volume da árvore com casca.

Peréz (2001), em estudo sobre o sistema de manejo para a candeia nativa, encontrou um total de 478,39 indivíduos por hectare, com peso seco de 13583,47 kg/ha (peso seco do fuste até 3 cm de diâmetro, conforme este estudo), sendo que destes, 323,69 indivíduos pertenciam à classe de diâmetro de 5 cm a 10 cm. Considerando uma remoção de 60% em área basal, seriam removidas um total de 242,32 árvores por hectare, o que acarretaria em um volume de 13,30  $\text{m}^3/\text{ha}$  ou 25,46  $\text{mst}/\text{ha}$ , valores bem inferiores aos encontrados para a candeia plantada com apenas nove anos de idade.

### 4.3 Óleo essencial da candeia

O óleo essencial da candeia é uma mistura de metabólitos secundários que, como já foi exposto, não são compostos que participam das reações químicas básicas, que garantem a sobrevivência das plantas, mas sua produção está associada ao fator de melhora na relação planta-ambiente, podendo por vezes serem considerados como características de adaptação (BOURGAUD et al., 2001; DIRZO, 1985).

Neste sentido, sua produção está associada a um ambiente de estresse para a planta, entendendo como estresse, algum fator que promova uma resposta na planta devido a seu efeito, como por exemplo: ataque de insetos e microrganismos, variações de temperatura e disponibilidade hídrica, danos mecânicos, restrições nutricionais, entre outros. Um grande número de estudos comprova que esses e outros fatores alteram o rendimento e a composição química dos óleos essenciais, como Bakkali et al. (2008), Gobbo Neto e Lopes (2007) e Morais (2009).

Nada se sabe sobre o comportamento da candeia sob condições de plantio para obtenção de maiores rendimentos de óleo essencial e princípio ativo. A hipótese inicial deste trabalho era que a desrama e espaçamentos menores causassem uma maior produção de óleo essencial na planta. A desrama, por requerer uma reorganização dos recursos na árvore e iniciar um processo de cicatrização na região desramada. Já o espaçamento menor, por ser um ambiente de competição entre plantas por água, nutrientes e luz, com importância maior para este último, já que a candeia ocorre naturalmente, em campos abertos, com várias características similares às plantas pioneiras; embora seja uma espécie de ecótono, diferindo das pioneiras por apresentar um tempo de vida mais longo, que pode chegar a mais de 50 anos (PERÉZ, 2001).

Ao realizar a análise estatística dos dados, primeiramente do rendimento

em óleo essencial, verifica-se que a prática de desrama e os espaçamentos testados não causaram uma resposta significativa na produção de óleo essencial por matéria seca sem casca (Tabela 35) e com casca (Tabela 36), seja por volume de madeira ou por área, considerando-se as informações para a madeira sem casca (Tabela 44 e Tabela 37, respectivamente), como para a madeira com casca (Tabela 45 e Tabela 38, na mesma ordem).

Tabela 35 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo essencial por massa seca sem casca (g/kg), da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e a desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	17,7463	5,9154	0,537	0,6688
Espaçamento	3	4,1178	1,3726	0,125	0,9433
Erro 1	9	99,1986	11,0221		
Desrama	1	15,7220	15,7220	2,316	0,1539
Espaçamento*Desrama	3	6,4262	2,1421	0,316	0,8139
Erro 2	12	81,4442	6,7870		
Total corrigido	31	224,6550			
CV 1 (%):	34,06			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	26,73			Média (g/kg):	9,75

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Em relação ao rendimento de óleo essencial por massa seca de madeira, os dados não apresentaram uma tendência em relação ao espaçamento, ou seja, nas condições do experimento, não foi percebido um gradiente de maior teor de óleo essencial, para os menores espaçamentos, como era esperado.

Os valores de rendimento de óleo essencial por massa seca, comumente usados em porcentagem, estão detalhados na Tabela 39 e Tabela 40. Para os tratamentos sem desrama, o espaçamento que obteve os menores rendimentos foi o 1,5x2,0 (0,99% sem casca e 0,92% com casca) e os maiores rendimentos foram encontrados no espaçamento 1,5x2,5 (1,09% sem casca e 0,99% com

casca); considerando-se a desrama, o menor espaçamento resultou em menores valores (0,82% sem casca e 0,76% com casca), assim como, os maiores rendimentos médios (1,02% sem casca e 0,93% com casca) foram encontrados no maior espaçamento, 1,5x3,0.

Tabela 36 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo por massa seca com casca (g/kg), da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e a desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	14,2007	4,7336	0,543	0,6648
Espaçamento	3	2,7545	0,9182	0,105	0,9549
Erro 1	9	78,4251	8,7139		
Desrama	1	13,8865	13,8865	2,498	0,14
Espaçamento*Desrama	3	4,9718	1,6573	0,298	0,8261
Erro 2	12	66,7085	5,5590		
Total corrigido	31	180,9470			
CV 1 (%):	33,07			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	26,41			Média (g/kg):	8,93

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tabela 37 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo essencial por volume de madeira sem casca (kg/m<sup>3</sup>), da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e a desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	5,4075	1,8025	0,435	0,7332
Espaçamento	3	0,9615	0,3205	0,077	0,9707
Erro 1	9	37,2833	4,1426		
Desrama	1	8,4563	8,4563	2,67	0,1282
Espaçamento*Desrama	3	2,5074	0,8358	0,264	0,8501
Erro 2	12	38,0091	3,1674		
Total corrigido	31	92,6251			
CV 1 (%):	32,86			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	28,74			Média (kg/m <sup>3</sup> ):	6,19

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama.

Tabela 38 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo essencial por volume de madeira com casca ( $\text{kg/m}^3$ ), da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e a desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	4,3701	1,4567	0,446	0,7259
Espaçamento	3	0,5818	0,1939	0,059	0,9799
Erro 1	9	29,3812	3,2646		
Desrama	1	7,4691	7,4691	2,867	0,1162
Espaçamento*Desrama	3	1,9327	0,6442	0,247	0,8618
Erro 2	12	31,2663	2,6055		
Total corrigido	31	75,0012			
CV 1 (%):	31,86			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	28,47			Média ( $\text{kg/m}^3$ ):	5,67

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

A prática da desrama ocasionou uma redução no rendimento de óleo essencial por massa seca de madeira em todos os espaçamentos, porém sem uma tendência clara. A diferença entre o subtratamento das plantas com desrama em relação às plantas sem desrama foi, do menor para o maior espaçamento, desconsiderando-se a casca, de -22,64%; -9,09%; -19,27% e -1,92%, e para os valores com casca, na mesma ordem, de -23,65%; -10,87%; -20,2% e -2,11%.

Em relação à queda dos rendimentos provocada pela desrama, pode-se inferir, conforme Gobbo Neto e Lopes (2007) afirmaram, de maneira geral, que muitas vezes, as variações nos rendimentos do óleo essencial podem ser decorrentes do desenvolvimento de partes da planta concomitante a uma constância no conteúdo total de metabólitos secundários. Isto pode levar à uma menor concentração destes metabólitos por diluição. Assim, a hipótese de que a desrama seria uma causa de estresse para a planta, estimulando-a a produzir óleo essencial, pode ser descartada.

Os valores detalhados por espaçamento e prática de desrama são

apresentados na Tabela 39 e Tabela 40, juntamente com os valores dos coeficientes de variação em cada condição. Apesar do uso da árvore média, é possível verificar a alta variabilidade dos dados, que podem estar prejudicando na definição de diferenças estatísticas entre os tratamentos e subtratamentos. Esta variabilidade, em grande parte, deve-se à composição do experimento ter se dado com material selvagem, ou seja, sem o controle da variabilidade genética, que é o que acontece em todos os plantios de candeia instalados até o momento.

Camolesi (2007) e Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) encontraram rendimentos de óleo essencial, pelo método de arraste a vapor de 1,68%, 1,56% e 1,75%, para a candeia nativa dos municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, respectivamente, considerando o fuste até 3 cm de diâmetro e classe diamétrica de 5 cm a 10 cm, com casca. Já Scolforo et al. (2004) encontraram um rendimento de 1,02% para as mesmas condições. Nota-se que o rendimento do óleo essencial da candeia nativa é bem variável e que o valor encontrado por Scolforo et al. (2004) aproxima-se mais dos rendimentos da candeia plantada. Porém, pelo fato da candeia plantada possuir menor altura, massa seca, volume individual e idade, ela ainda não chegou a uma taxa percentual equivalente aos dos candeais nativos.

As variações dos rendimentos de óleo essencial da candeia nativa estão relacionadas, além do fator genético que deve ser investigado, às variações ambientais e ao estágio de desenvolvimento da planta, que o manejador não tem controle, já que estas provêm de formações naturais com idades, altitudes, temperaturas, fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, ritmo circadiano, níveis de radiação UV, sazonalidade, incidência de ataques de patógenos e herbivoria, índices pluviométricos, entre outros, que podem diferir de uma área para outra.

A principal vantagem do cultivo da candeia para a produção do óleo essencial está no controle da maioria destas variações e, como o exposto, com

grande possibilidade de sucesso, pois, mesmo com espaçamentos distintos, as variações nos rendimentos não foram significativas, o que mostra a homogeneidade destes (Tabela 39 e Tabela 40). Outra vantagem é a idade, pois estes valores são próximos aos da candeia nativa de mesma classe diamétrica, porém estas apresentam idade superior.

O rendimento de óleo essencial em relação ao volume ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) de madeira, também, apresentou a mesma tendência que o rendimento por massa seca, em relação aos espaçamentos e à prática da desrama. Para os tratamentos sem desrama, o espaçamento que obteve menores rendimentos, apesar de a diferença não ter sido significativa, foi o 1,5x2,0 ( $6,43\text{kg}/\text{m}^3$  sem casca e  $5,97\text{kg}/\text{m}^3$  com casca) e os maiores rendimentos foram encontrados no espaçamento 1,5x2,5 ( $6,99\text{kg}/\text{m}^3$  sem casca e  $6,38\text{kg}/\text{m}^3$  com casca); considerando-se a desrama, o menor espaçamento resultou em menores valores ( $5,14\text{kg}/\text{m}^3$  sem casca e  $4,74\text{kg}/\text{m}^3$  com casca), assim como os maiores rendimentos médios ( $6,29\text{kg}/\text{m}^3$  sem casca e  $5,73\text{kg}/\text{m}^3$  com casca) foram encontrados no maior espaçamento, 1,5x3,0.

A Tabela 39 e Tabela 40, também, trazem informações sobre o rendimento do óleo essencial em litros. O valor utilizado para a transformação de quilograma para litros foi de 1,075, valor determinado pelo IBAMA, que fiscaliza a produção em volume de óleo essencial. Há, também, informações de massa (kg) e volume (L) de óleo essencial por metro estéreo, que por ser uma transformação dos valores relativos ao metro cúbico, seguem a mesma tendência deste.

Tabela 39 Rendimento de óleo essencial para madeira sem casca de candeia aos nove anos de idade, em diferentes espaçamentos, com e sem desrama

Desrama		Sem					Com					Média
Espaçamento (m)		1,5x1,5	1,5x2,0	1,5x2,5	1,5x3,0	Média	1,5x1,5	1,5x2,0	1,5x2,5	1,5x3,0	Média	Geral
DAP	cm	6,18	7,24	7,53	8,05	7,25	6,99	7,77	8,00	7,95	7,68	7,46
HT	m	4,85	5,08	4,76	5,17	4,96	5,44	5,34	5,14	5,10	5,25	5,11
PScc	t/ha	19,25	19,68	16,87	18,93	18,68	21,46	20,33	18,11	16,89	19,20	18,94
VTcc	m <sup>3</sup> /ha	31,57	31,98	27,67	32,02	30,81	36,34	34,02	29,85	28,44	32,16	31,49
	%	Média	1,06	0,99	1,09	1,04	1,04	0,82	0,90	0,88	1,02	0,90
		CV (%)	34,05	5,59	36,03	19,77	24,80	19,72	44,61	25,90	30,02	29,68
	kg/ha	Média	182,29	189,83	164,52	177,14	178,44	160,92	171,61	146,49	155,14	158,54
		CV (%)	27,35	7,26	32,71	21,16	21,60	15,42	44,93	32,14	30,57	30,21
	kg/m <sup>3</sup>	Média	6,84	6,43	6,99	6,57	6,71	5,14	5,70	5,58	6,29	5,68
		CV (%)	33,93	5,00	33,91	23,44	24,72	19,20	48,69	24,14	27,17	29,79
ROsc	kg/mst	Média	2,56	2,41	2,62	2,46	2,51	1,93	2,13	2,09	2,36	2,13
		CV (%)	33,93	5,00	33,91	23,44	24,72	19,20	48,69	24,14	27,17	29,79
	L/ha	Média	195,97	204,07	176,85	190,42	191,83	172,99	184,48	157,48	166,78	170,43
		CV (%)	27,35	7,26	32,71	21,16	21,60	15,42	44,93	32,14	30,57	30,21
	L/m <sup>3</sup>	Média	7,36	6,91	7,52	7,06	7,21	5,53	6,12	6,00	6,76	6,10
		CV (%)	33,93	5,00	33,91	23,44	24,72	19,20	48,69	24,14	27,17	29,79
	L/mst	Média	2,76	2,59	2,82	2,64	2,70	2,07	2,29	2,25	2,53	2,29
		CV (%)	33,93	5,00	33,91	23,44	24,72	19,20	48,69	24,14	27,17	29,79

ROsc: rendimento de óleo essencial, para madeira sem casca.



Tabela 40 Rendimento de óleo essencial para madeira com casca de candeia aos nove anos de idade, em diferentes espaçamentos, com e sem desrama

		Desrama		Sem				Com				Média	
Espaçamento (m)		1,5x1,5	1,5x2,0	1,5x2,5	1,5x3,0	Média	1,5x1,5	1,5x2,0	1,5x2,5	1,5x3,0	Média	Geral	
DAP	cm	6,18	7,24	7,53	8,05	7,25	6,99	7,77	8,00	7,95	7,68	7,46	
HT	m	4,85	5,08	4,76	5,17	4,96	5,44	5,34	5,14	5,10	5,25	5,11	
PSc	t/ha	19,25	19,68	16,87	18,93	18,68	21,46	20,33	18,11	16,89	19,20	18,94	
VTcc	m <sup>3</sup> /ha	31,57	31,98	27,67	32,02	30,81	36,34	34,02	29,85	28,44	32,16	31,49	
	%	Média	0,97	0,92	0,99	0,95	0,96	0,76	0,82	0,79	0,93	0,83	0,89
		CV (%)	33,26	5,32	35,40	20,26	24,28	19,44	43,30	25,24	29,40	28,93	27,07
	kg/ha	Média	182,43	189,95	164,64	177,27	178,57	161,06	171,74	146,64	155,27	158,68	168,62
		CV (%)	27,33	7,25	32,69	21,16	21,59	15,43	44,92	32,13	30,55	30,20	26,07
	kg/m <sup>3</sup>	Média	6,26	5,97	6,38	6,01	6,15	4,74	5,23	5,05	5,73	5,19	5,67
		CV (%)	33,23	5,12	33,27	23,89	24,27	19,11	47,46	23,53	26,53	29,09	27,44
ROcc	kg/mst	Média	2,35	2,23	2,39	2,25	2,30	1,78	1,96	1,89	2,14	1,94	2,12
		CV (%)	33,23	5,12	33,27	23,89	24,27	19,11	47,46	23,53	26,53	29,09	27,44
	L/ha	Média	196,11	204,20	176,98	190,57	191,97	173,14	184,62	157,64	166,91	170,58	181,27
		CV (%)	27,33	7,25	32,69	21,16	21,59	15,43	44,92	32,13	30,55	30,20	26,07
	L/m <sup>3</sup>	Média	6,73	6,41	6,86	6,46	6,61	5,10	5,63	5,43	6,16	5,58	6,10
		CV (%)	33,23	5,12	33,27	23,89	24,27	19,11	47,46	23,53	26,53	29,09	27,44
	L/mst	Média	2,52	2,40	2,57	2,42	2,48	1,91	2,11	2,03	2,31	2,09	2,28
		CV (%)	33,23	5,12	33,27	23,89	24,27	19,11	47,46	23,53	26,53	29,09	27,44

ROcc: rendimento de óleo essencial, para madeira com casca.

Scolforo et al. (2004) encontraram para a candeia nativa, na classe diamétrica de 5 cm a 10 cm, para o fuste+galhos até 3 cm de diâmetro, um rendimento de óleo de 5,97 kg/m<sup>3</sup> de madeira com casca, 7,84 kg/m<sup>3</sup> de madeira sem casca e 2,77 kg/m<sup>3</sup> de madeira com casca. Já Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) encontraram para a madeira com casca e mesmas condições supracitadas, para os municípios de Delfim Moreira/Ouro Preto (mesmos valores) e Aiuruoca, sempre nesta ordem, um rendimento de óleo essencial em quilogramas por metro cúbico de 10,58 e 8,75; em quilogramas por metro estéreo de 4,30 e 3,56; em litros por metro cúbico de 11,38 e 9,41 e em litros por metro estéreo de 4,63 e 3,83.

A comparação dos rendimentos de óleo essencial por volume de madeira entre a candeia plantada e a candeia nativa mostra que no geral a candeia plantada tem um menor rendimento. Entretanto, reforçando o que já foi dito, árvores nativas desta classe de diâmetro possuem, em média, 18 anos (PERÉZ, 2001), 24 anos e até 34 anos (MORI, 2008) de idade; já as candeias plantadas possuem crescimento em diâmetro, teores de óleo essencial (em relação à massa seca), entre outras variáveis, próximos aos destas árvores, mesmo com apenas nove anos de idade, o que leva a crer que as diferenças existentes entre estes rendimentos serão superadas em idades, consideravelmente, inferiores.

As tabelas de análises de variância para os valores de óleo essencial por árvores sem casca (Tabela 41) e com casca (Tabela 42) indicam que o espaçamento influenciou nestas variáveis.

De acordo com o teste Tukey, com 5% de significância, obteve-se que o menor espaçamento, 1,5x1,5, diferiu-se estatisticamente, do maior espaçamento, 1,5x3,0 (Tabela 43), e que os espaçamentos intermediários são similares entre si quanto à produção de óleo essencial por árvore.

Tabela 41 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo essencial por árvore (g/árv) sem casca, da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e à desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	2462,70	820,90	2,344	0,1411
Espaçamento	3	4597,79	1532,60	4,376	0,0368
Erro 1	9	3151,69	350,19		
Desrama	1	168,87	168,87	0,59	0,4572
Espaçamento*Desrama	3	406,51	135,50	0,474	0,7064
Erro 2	12	3433,79	286,15		
Total corrigido	31	14221,35			
CV 1 (%):	26,4			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	23,87			Média (g/árv):	70,87

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tabela 42 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo essencial por árvore (g/árv) com casca, da candeia aos nove anos de idade, em relação ao espaçamento e à desrama

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	2463,66	821,22	2,342	0,1414
Espaçamento	3	4604,43	1534,81	4,376	0,0368
Erro 1	9	3156,32	350,70		
Desrama	1	168,45	168,45	0,588	0,4579
Espaçamento*Desrama	3	407,26	135,75	0,474	0,7061
Erro 2	12	3436,43	286,37		
Total corrigido	31	14236,56			
CV 1 (%):	26,4			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	23,86			Média (g/árv):	70,93

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

A interpretação deste resultado exige cautela, pois, em primeira análise seria indicado o maior espaçamento como melhor (apesar dele não ter se diferenciado dos dois espaçamentos intermediários), mas este valor é originado pelo produto entre o rendimento de óleo essencial por massa seca e a massa seca

por árvore, que como já visto anteriormente, não apresentaram uma diferença estatística entre os espaçamentos. Isto leva a crer que a candeia responde de formas diferentes às condições de plantio e do povoamento, mas esta resposta não é dada somente por um fator, que seja o rendimento em óleo essencial, mas sim, que este rendimento para ser válido, deve estar associado à produção de biomassa.

Tabela 43 Rendimento de óleo essencial por árvore de candeia aos nove anos de idade, submetidas a diferentes espaçamentos de plantio.

Espaçamento (m)	ROsc (g/árv)	ROcc (g/árv)
1,5x1,5	53,11 a	53,15 a
1,5x2,0	72,96 ab	73,01 ab
1,5x2,5	70,61 ab	70,67 ab
1,5x3,0	86,83 b	86,90 b
Média	70,88	70,93

ROsc: rendimento de óleo essencial, para madeira sem casca; ROcc: rendimento de óleo essencial, para a candeia com casca; médias seguidas de mesma letra, não diferem, estatisticamente, entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

No caso, o espaçamento mais aberto gerou volumes individuais maiores, por isso a superioridade, mas o interesse é produzir a maior quantidade de óleo essencial por área, e não por árvore. Assim, necessita-se saber se o número de plantas por hectare, maior nos menores espaçamentos, supera o maior rendimento de óleo essencial por árvore do espaçamento mais aberto, esta análise é feita a seguir.

Estes resultados, também, mostram que a hipótese da candeia produzir mais óleo essencial, em condições de estresse, como com a prática de desrama e em menores espaçamentos, na idade de nove anos, não foi comprovada e apresenta tendência, justamente inversa para a desrama, e sem tendência aparente para o espaçamento. Os resultados, também, servem de base para o entendimento da real função do óleo essencial para a árvore de candeia, que necessita de maiores estudos, até se chegar as condições que promovem maior

produção de óleo essencial.

Peréz (2001), para a candeia nativa com casca até 3 cm de diâmetro e com a extração por meio de hexano, obteve para a classe diamétrica de 5 a 10 cm um rendimento de 109,0 g/árv; já pelo método de arraste a vapor, na indústria, o rendimento foi de 98,0 g/árv. Camolesi (2007), para as mesmas condições do estudo anterior, encontrou para os municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, um rendimento de óleo essencial de 186 g/árv; 181,8 g/árv e 203,4 g/árv respectivamente. Apesar de estes serem valores maiores que os da candeia plantada, acredita-se que, com o monitoramento bianual deste experimento, em mais alguns anos os plantios de candeia superarão a produção de óleo essencial das nativas.

Pensando-se na produtividade de óleo essencial (kg/ha), que é a principal variável resposta, para a tomada de decisão no manejo para produção deste (associada aos teores de  $\alpha$ -bisabolol), as análises de variância, apresentadas na Tabela 44 e Tabela 45, mostram que, tanto para a madeira com casca como para a sem casca, os espaçamentos e a desrama não apresentaram diferença estatística, indicando, também, a alta variabilidade dos dados.

Comparando-se os valores de produtividade de óleo essencial (kg/ha) com desrama e sem desrama, em cada espaçamento, verifica-se uma redução, do menor para o maior espaçamento para a madeira sem casca de 11,72%; 9,6%;-10,96% e 12,42% e para a madeira com casca, também, do menor para o maior espaçamento de 11,71%; 9,59%; 10,93% e 12,43%. Sendo a desrama uma prática onerosa e que não resultou em maior produtividade em óleo essencial, seu uso torna-se descabido para esta finalidade, até o momento. Porém, faz-se necessário verificar se ela causa um aumento na produção de  $\alpha$ -bisabolol, que é o composto de interesse, análise feita no próximo tópico.

Tabela 44 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo essencial por área (kg/ha) da madeira sem casca, em relação ao espaçamento e a desrama, para a candeia aos nove anos de idade

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	13422,00	4474,00	1,844	0,2094
Espaçamento	3	2667,06	889,02	0,366	0,779
Erro 1	9	21831,73	2425,75		
Desrama	1	3169,08	3169,08	2,027	0,18
Espaçamento*Desrama	3	25,79	8,60	0,005	0,9997
Erro 2	12	18757,07	1563,09		
Total corrigido	31	59872,74			
CV 1 (%):	29,23			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	23,46			Média (kg/ha):	168,49

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Tabela 45 Análise de variância para os valores de rendimento de óleo essencial por área (kg/ha) da madeira com casca, em relação ao espaçamento e a desrama, para a candeia aos nove anos de idade

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	13434,30	4478,10	1,844	0,2094
Espaçamento	3	2666,12	888,71	0,366	0,7793
Erro 1	9	21852,09	2428,01		
Desrama	1	3167,09	3167,09	2,025	0,1802
Espaçamento*Desrama	3	26,04	8,68	0,006	0,9997
Erro 2	12	18767,20	1563,93		
Total corrigido	31	59912,84			
CV 1 (%):	29,22			Num. Obs.:	32
CV 2 (%):	23,45			Média (kg/ha):	168,62

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; Fc: valor de F calculado; Pr>Fc: nível de probabilidade de erro; CV 1: coeficiente de variação para espaçamento; CV 2: coeficiente de variação para desrama; Num. Obs.: número de observações.

Comparando-se, então, os espaçamentos sem desrama, não há uma tendência de acordo com o aumento do espaçamento, sendo os valores com casca do menor para o maior espaçamento de 182,43 kg/ha, 189,95 kg/ha, 164,64 kg/ha e 177,27 kg/ha (mais detalhes, vide Tabela 39 e Tabela 40).

Devido à alta variabilidade dos dados, não é possível fazer afirmações com embasamento estatístico, mas estes valores podem sugerir que o fato de o menor espaçamento apresentar uma ligeira queda em seu valor esteja relacionado à redução da massa seca por planta, causada, provavelmente, pela competição entre plantas, que não foi superada pelo maior número de indivíduos por área, e que no espaçamento 1,5x2,5, apesar de apresentar valores de rendimento de óleo essencial (gramas de óleo por quilogramas de matéria seca) maior que os menores espaçamentos e com massa seca por árvore maior que nestes, o número de plantas reduzido interferiu na produtividade.

Já o maior espaçamento pode tornar-se mais interessante economicamente que o espaçamento 1,5x2,0 por resultar em menores custos de implantação, controle e colheita, já que possui menos árvores por área. Deve-se avaliar se o ganho de cerca de 12,68 kg/há, se mantido ao longo do tempo, supera os custos de 1111 plantas/ha a mais instaladas em campo; uma análise econômica detalhada faz-se necessária, para confirmar tais suposições. É importante salientar que, este estudo de monitoramento da produtividade será realizado ao longo do tempo, para determinar a idade de corte mais adequada e, que as análises feitas aqui se limitam a uma idade apenas – de nove anos – à qual não se tem a pretensão de considerar como a idade de corte para a candeia plantada.

Há poucas informações sobre os rendimentos por área de candeais nativos, mas, conforme o estudo de Pérez (2001), em uma área com predominância de 39% de candeia, resultando em um total de 478,39 indivíduos desta, o rendimento em óleo essencial seria de 159,43kg/ha. Já Scolforo et al. (2008b), estimam a produção de óleo essencial em três fragmentos: do fragmento 1 com 35,33 m<sup>3</sup>/ha de candeia com casca, considerando a exploração máxima permitida de somente 70%, seriam removidas 24,73 m<sup>3</sup>/ha, o que renderia 254,58 kg/ha, proporcionalmente; para o fragmento 2 com 38,34 m<sup>3</sup>/ha

de candeia com casca, seriam removidos 26,84 m<sup>3</sup>/ha, o que renderia 275,16 kg/ha, proporcionalmente; e para o fragmento 3, com 77,47 m<sup>3</sup>/ha de candeia com casca, removeria-se 54,23m<sup>3</sup>/ha, o que renderia 573,45 kg/ha, proporcionalmente.

Estes valores são bem variáveis, e no caso do fragmento 3, a produção de óleo essencial estimada é considerável. Porém, de acordo com o estudo de Mori et al. (2009), o candeal nativo apresentou idades médias, de 25 anos e 39,8 anos e estes autores concluíram que a idade interfere positivamente no rendimento de óleo essencial. Sendo assim, em idades futuras a candeia plantada, certamente, chegará a valores equivalentes a estes, e em mesma idade provavelmente superiores.

Na comparação entre as Tabela 39 e Tabela 40, observa-se que a casca pouco interfere na produção do óleo essencial por área e causa uma redução nos rendimentos por massa seca e volume. Isto porque seus rendimentos foram baixíssimos comparados ao do lenho, como pode ser visto na Tabela 46.

Tabela 46 Rendimento de óleo essencial para a casca da candeia aos nove anos de idade

Rendimento	Unidade	Valor médio
ROc	g/kg	0,083
	g/árv	0,056
	Kg/ha	0,132
	Kg/m <sup>3</sup>	0,032
	kg/mst	0,012
	L/ha	0,142
	L/m <sup>3</sup>	0,034
	L/mst	0,013

ROc: rendimento de óleo essencial da casca de candeia.

Para valores relativos ao hectare, o valor médio geral de massa seca com casca foi de 18,94 t/ha e sem casca foi de 17,36 t/ha. A massa seca de casca foi então de 1,58 t/ha; seguindo a mesma lógica, o volume de casca foi de 4,16



m<sup>3</sup>/ha e estes valores resultaram em apenas 0,132 kg/ha. Isso indica o baixo potencial da casca na produção de óleo essencial para a candeia plantada.

#### 4.3.1 Análise de regressão do rendimento de óleo essencial e tempo extração

Após testes preliminares, a relação rendimento de óleo essencial pelo tempo de extração foi melhor representada pelo modelo monomolecular, com erro padrão da estimativa de 0,21%, e resultou na equação que se segue:

$$RO = 11,2946 * (1 - e^{-0,24933*T})$$

em que:

RO: rendimento em óleo essencial na base seca (g/kg) e

T: tempo de extração (horas).

A partir desta equação foi possível determinar os rendimentos em óleo essencial para diversos tempos de extração, em intervalos de uma hora. Com tais valores estimados, foram calculados os incrementos correntes do rendimento de óleo essencial ( $IC_{RO}$ ), que resultou na tendência exponencial, exposta no Gráfico 6.

De acordo com o método da curvatura empírica, foi determinado o tempo máximo de extração de óleo essencial para o lenho da candeia, considerando os valores de “a” e “b” gerados pela equação exponencial do  $IC_{RO}$  (Gráfico 6). O limite superior, dado por  $T_{max}$ , determinado pelo método de curvatura empírico, para a= 3,1982; b= -0,249 e um ângulo de 178°, resultou em 12,56 horas, podendo-se considerar 12 horas e trinta minutos. Isso significa que além deste período é inviável continuar extraíndo, pois, mesmo que se extraia por muito tempo além, o ganho em rendimento será mínimo, não compensando o tempo gasto.

Ao considerar a equação monomolecular de rendimento em óleo essencial, supracitada, nota-se que o valor da assíntota equivale a 11,29 g/kg, indicando que em média, o máximo de óleo essencial que poderia ser extraído

seria este valor; com o tempo de oito horas, obteve-se um rendimento médio de 9,75 g/kg, ou seja, 15,79% a menos que a média máxima, que poderia ser extraído; considerando o tempo máximo viável de 12 horas e trinta minutos, o valor encontrado foi de 4,63%, a menos que este limite, ou seja, para se ter um ganho de 11,16% no rendimento, serão necessárias mais quatro horas de extração. Assim, a opção pela escolha de um maior tempo será dada de acordo com o objetivo do estudo e recursos disponíveis.

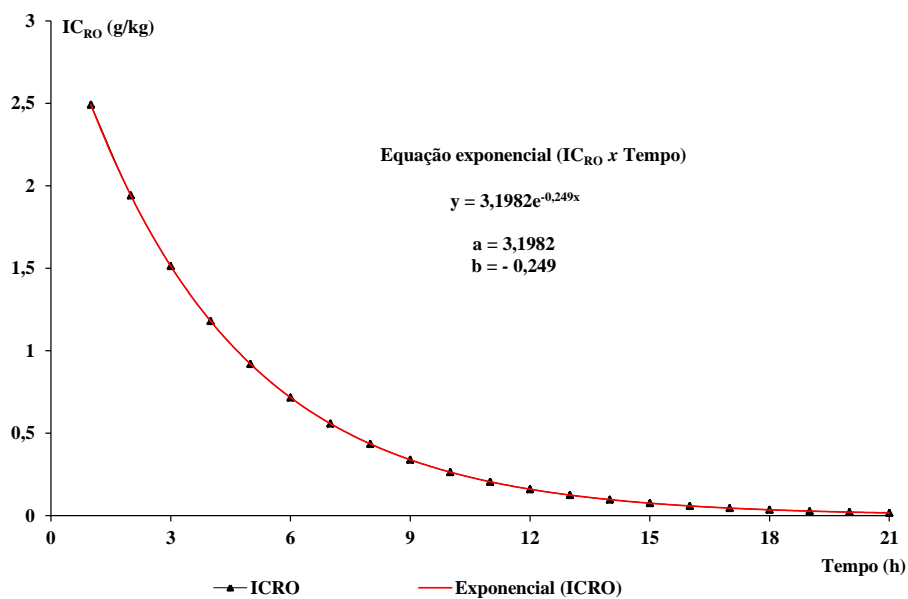


Gráfico 6 Linha de tendência do incremento corrente do rendimento em óleo essencial ( $IC_{RO}$ ) pelo tempo (t)

Já o limite inferior, determinado pelo método do modelo linear segmentado com platô (Gráfico 7), foi de 6,41 horas, podendo se considerar 6 horas e 30 minutos. Assim sendo, o período de 6 horas e trinta minutos indica o tempo mínimo de extração em relação ao ganho em rendimento de óleo essencial, pois, antes deste período há uma perda de óleo essencial considerável.

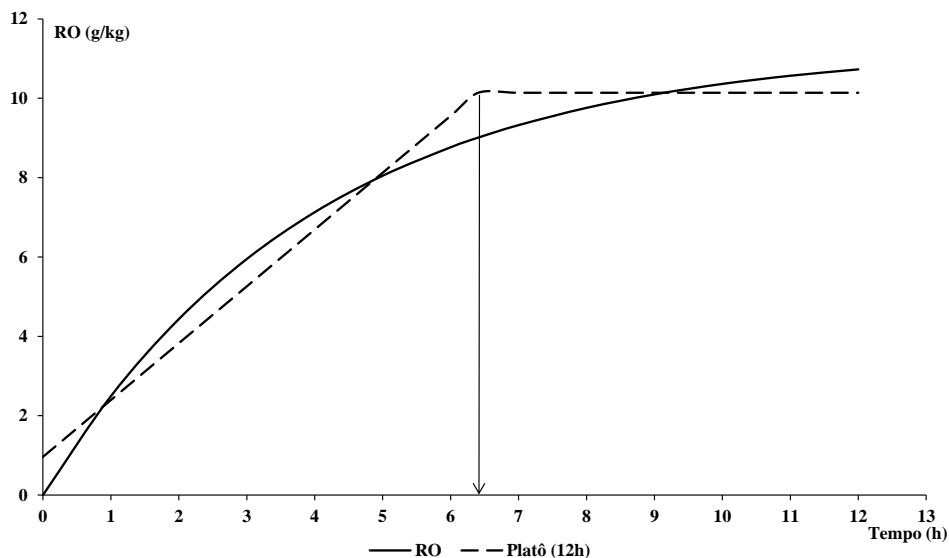


Gráfico 7 Ponto ótimo do tempo de extração pelo rendimento em óleo essencial (RO) determinado pelo método de platô

É importante ressaltar que o ponto ótimo deste método sofre influência do número de observações combinado com as dimensões dos eixos; no caso, como o limite superior, ou seja, o ponto de estabilização da curva, foi de 12 horas e trinta minutos, além de ser inviável na prática ficar além deste horário, o valor de 12 horas foi utilizado como limite para este método.

#### 4.4 Composição química do óleo essencial de candeia plantada

A composição química dos óleos essenciais de uma planta é tão sensível quanto à variação de seu rendimento, em relação às alterações do meio que a circunda, e características genéticas, fisiológicas, e estágio de desenvolvimento desta. A candeia nativa não tem somente a vantagem de possuir um bom rendimento em óleo essencial, mas aliado a isto, o rendimento do composto de interesse é elevado.

A candeia plantada, como visto, mostra-se promissora quanto ao seu teor de óleo essencial; O rendimento em  $\alpha$ -bisabolol, também, foi investigado, acreditando-se previamente, que espaçamentos menores e a desrama causassem estresses nas plantas, ocasionasse um aumento de  $\alpha$ -bisabolol a níveis satisfatórios e comparáveis aos das plantas nativas. Outro fator que influencia na composição química do óleo essencial é a metodologia de extração: o processo usado, temperatura, reagentes, armazenamento, tempo, entre outros. Em relação ao tempo, a cromatografia usada para quantificação do teor dos compostos de um óleo essencial, baseia-se no método de normalização ou método 100% (JAKIEMIU, 2008), onde a porcentagem de cada composto é definida pela área de seu pico, em relação à área total do cromatograma. Sendo assim, para a quantificação dos compostos de um óleo essencial, os compostos voláteis com baixo peso molecular são extraídos no período inicial e com o passar do tempo há a extração de uma variedade maior de compostos. Isto resulta na queda de rendimento destes compostos com baixo peso molecular, os quais muitas vezes são os de interesse.

Em relação ao óleo essencial extraído da casca (Tabela 47), só foi possível identificarem seis compostos, de acordo com o índice de Kovats teórico e calculado, da grande variedade que o compõem, os quais explicam cerca de 48% do seu rendimento. Entre eles, o  $\alpha$ -bisabolol apresentou-se como composto majoritário em todas as amostras. Verifica-se que o rendimento, em relação à massa seca de casca é muito baixo, se comparado aos rendimentos dos componentes do óleo essencial extraído da madeira.

A Tabela 48 e Tabela 49 mostram os rendimentos dos principais compostos extraídos da madeira da candeia, em diferentes intervalos de tempo de extração. É notável que o  $\alpha$ -bisabolol é o componente majoritário e que, mesmo no intervalo de seis a oito horas de extração, seu rendimento, apesar de menor em relação aos tempos iniciais, ainda é considerável, indicando o forte

potencial da candeia cultivada. Observa-se, também, a baixa variabilidade entre os valores, e que tanto a desrama, como o espaçamento não mostraram-se influentes. As concentrações dos compostos  $\alpha$ -bisabolol e espatulenol diminuem com o tempo de extração, já o óxido de  $\alpha$ -bisabolol nas duas primeiras horas apresenta valores menores que o tempo de quatro horas e nos intervalos de quatro a seis horas e seis a oito horas tornam-se decrescentes. A concentração do eremanthin ou vanilosmim apresenta relação direta com o tempo de extração.

Tabela 47 Composição química do óleo essencial da casca de candeia, aos nove anos de idade

Componentes	Rendimento		CV	Frequência
	(g/kg)	(%)	(%)	(%)
$\alpha$ -bisabolol	0,0261	31,52	38,60	100,0
$\beta$ -selineno	0,0039	4,66	29,46	100,0
Óxido de $\alpha$ -bisabolol	0,0034	4,06	47,55	88,9
$\delta$ -Selineno	0,0028	3,35	19,72	88,9
Ácido heptanóico	0,0023	2,75	68,55	33,3
Eremanthin	0,0015	1,78	-	11,1

CV: coeficiente de variação; Frequência: porcentagem de ocorrência do composto na amostra; Rendimento (g/kg): rendimento composto em relação a massa seca de casca.

Para os compostos  $\delta$ -selineno e  $\beta$ -selineno, foi considerada apenas a frequência em que ocorreram nas amostras e não a variabilidade dos dados, já que estes não estavam presentes em todas as amostras. Nas Tabela 49 e Tabela 48, estão indicadas a frequência, que estes ocorrem em cada condição de espaçamento e tempo, para árvores desramadas ou não e seus teores médios.

Os teores de  $\alpha$ -bisabolol são bastante variáveis para a candeia nativa. Camolesi (2007), Scolforo et al. (2008b) e Scolforo, Oliveira e Acerbi Júnior (2008) encontraram para os municípios de Delfim Moreira, Aiuruoca e Ouro Preto, rendimentos de  $\alpha$ -bisabolol para a classe diamétrica de 5cm a 10cm, de 88,3%; 87,65% e 86,25% respectivamente. Souza et al. (2008), em estudo sobre o processo de extração supercrítica para o óleo essencial de candeia, encontrou

valores, por este método, de 71% a 74%, e pelo método de hidrodestilação, de 92% de  $\alpha$ -bisabolol. Nascimento et al. (2007) encontraram 63,0% do óleo essencial de candeia como sendo  $\alpha$ -bisabolol. Todos estes estudos supracitados são relativos aos rendimentos em relação ao fuste da árvore, assim como este estudo.

Para efeito de comparação, usando-se a média do rendimento de  $\alpha$ -bisabolol, em relação ao rendimento em óleo essencial, a candeia plantada teve um rendimento para os tratamentos sem desrama, em média de 89,02%, e para os tratamentos com desrama, de 88,69%. Isto indica que a desrama gera uma ligeira queda no teor do  $\alpha$ -bisabolol, e que, comparativamente, aos teores encontrados nas plantas nativas é um excelente resultado a favor do cultivo da candeia, sendo que este valor só foi inferior ao encontrado por Souza et al. (2008), usando o mesmo processo de extração, mas a 3 bar de pressão.

Há registros de também serem encontrados na candeia nativa os compostos óxido de  $\alpha$ -bisabolol (6,6%) em Nascimento et al. (2007) e eremanthin (0,24% a 8,42%) em Souza et al. (2008). O espatulenol foi encontrado no óleo essencial de manjerição em Miranda (2010). Já o  $\beta$ -selineno em Simões et al. (2007), óxido de  $\alpha$ -bisabolol e o  $\alpha$ -bisabolol em Borsato et al. (2008) é comumente encontrado na camomila.

Segundo Garcia et al. (1976), o composto eremanthin é o princípio ativo do óleo essencial do cerne de *Eremanthus elaeagnus* Sch. Bip. responsável pela ação profilática contra o parasita humano, *Schistosoma mansoni*.

Tabela 48 Concentração dos principais componentes do óleo essencial do lenho de candeia aos nove anos de idade, em diferentes espaçamentos sem desrama

Espaç. (m)	Período (horas)	$\alpha$ -bisabolol		Óxido de $\alpha$ -bisabolol		Eremanthin		Espatuleno		$\delta$ -Selineno		$\beta$ -selineno	
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	Freq.	Média	Freq.
		(%)											
1,5x1,5	0-2	93,55	1,46	2,31	14,23	1,55	30,69	0,91	33,63	0,20	50,00	0,76	50,00
	0-4	89,58	3,07	4,12	18,32	1,84	39,15	0,78	40,85	0,43	50,00	0,31	25,00
	4-6	86,39	2,46	3,79	18,67	3,43	42,14	0,65	39,31	0,00	0,00	0,00	0,00
	6-8	81,91	5,53	3,44	19,79	4,51	40,53	0,63	34,56	0,34	25,00	0,43	25,00
1,5x2,0	0-2	94,29	0,89	2,17	15,19	1,71	27,18	1,02	48,95	0,00	0,00	0,60	50,00
	0-4	90,88	1,05	3,55	8,68	1,73	52,60	1,00	15,59	0,00	0,00	0,28	25,00
	4-6	86,95	2,30	3,01	7,36	3,32	70,53	0,79	9,54	0,00	0,00	0,00	0,00
	6-8	83,19	2,88	2,78	3,78	4,61	54,62	0,72	15,03	0,24	25,00	0,27	50,00
1,5x2,5	0-2	93,70	0,89	1,95	6,45	1,91	20,29	0,91	11,16	0,34	25,00	0,36	75,00
	0-4	89,51	3,87	3,33	4,53	2,28	23,21	0,84	12,30	0,29	25,00	0,27	50,00
	4-6	85,39	2,56	3,00	7,41	4,08	17,23	0,70	12,89	0,26	25,00	0,26	25,00
	6-8	82,08	3,92	2,71	11,61	5,29	15,40	0,63	9,61	0,29	50,00	0,30	50,00
1,5x3,0	0-2	93,79	1,59	1,90	10,71	1,85	37,15	1,03	16,70	0,36	25,00	0,61	50,00
	0-4	90,81	3,29	3,75	15,80	2,04	51,64	0,94	7,61	0,00	0,00	0,37	25,00
	4-6	85,95	4,55	3,30	12,99	4,21	52,47	0,74	11,94	0,25	25,00	0,26	25,00
	6-8	82,49	3,15	3,15	4,11	5,56	27,67	0,67	5,27	0,00	0,00	0,29	25,00

CV: coeficiente de variação; Freq.: frequência que o composto ocorreu nas amostras.

Tabela 49 Concentração dos principais componentes do óleo essencial do lenho de candeia aos nove anos de idade, em diferentes espaçamentos com desrama

Espaç. (m)	Período (horas)	$\alpha$ -bisabolol		Óxido de $\alpha$ -bisabolol		Eremanthin		Espatuleno		$\delta$ -Selineno		$\beta$ -selineno	
		Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	CV	Média	Freq.	Média	Freq.
		(%)											
1,5x1,5	0-2	92,26	3,29	2,39	21,84	1,92	26,19	1,01	15,54	0,82	25,00	0,62	75,00
	0-4	88,91	3,25	4,14	18,58	1,83	35,15	0,95	12,86	0,21	25,00	0,23	25,00
	4-6	84,26	3,29	3,33	11,07	3,69	41,53	0,75	9,22	0,00	0,00	0,29	50,00
	6-8	80,57	5,76	2,97	10,93	4,99	38,89	0,70	9,98	0,29	50,00	0,33	50,00
1,5x2,0	0-2	94,98	0,59	1,95	15,51	1,45	33,85	0,79	29,09	0,29	25,00	0,47	75,00
	0-4	90,68	1,38	3,74	16,82	1,14	30,69	0,89	24,28	0,23	25,00	0,26	25,00
	4-6	86,62	1,98	3,30	13,75	2,26	29,21	0,70	20,64	0,26	25,00	0,25	50,00
	6-8	87,87	3,35	2,87	15,04	2,99	38,40	0,63	21,95	0,00	0,00	0,00	0,00
1,5x2,5	0-2	94,38	1,06	1,92	14,37	1,71	19,44	0,86	28,14	0,20	25,00	0,47	50,00
	0-4	89,04	3,43	3,61	15,93	1,88	31,57	0,85	24,65	0,24	50,00	0,29	50,00
	4-6	85,98	2,16	3,16	14,47	3,17	26,93	0,74	24,88	0,26	25,00	0,29	25,00
	6-8	82,33	2,18	2,85	17,57	4,28	30,12	0,69	14,98	0,25	50,00	0,28	50,00
1,5x3,0	0-2	95,09	0,37	1,81	3,76	1,62	22,38	1,10	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00
	0-4	90,67	2,20	3,96	11,76	1,50	35,30	1,06	4,85	0,00	0,00	0,00	0,00
	4-6	86,82	3,27	3,59	13,37	3,09	30,94	0,86	7,27	0,00	0,00	0,00	0,00
	6-8	83,90	2,60	3,21	10,63	4,24	27,83	0,76	7,34	0,23	25,00	0,00	0,00

Espaç.: espaçamento; CV: coeficiente de variação; Freq.: frequência que o composto ocorreu nas amostras.



O Gráfico 8 mostra o cromatograma do óleo essencial da casca, e o Gráfico 9 mostra os cromatogramas do óleo essencial extraído do lenho durante quatro horas e entre seis e oito horas de extração.

Comparando-se os Gráfico 9(a) e (b), nota-se o comportamento geral das amostras, em relação ao tempo de extração, no qual o teor de  $\alpha$ -bisabolol, ligeiramente, diminui ao passo que outros compostos identificados aumentam. Já para a casca (Gráfico 8), é possível ver o grande número de compostos que compõem seu óleo essencial e que o  $\alpha$ -bisabolol, é o composto majoritário.

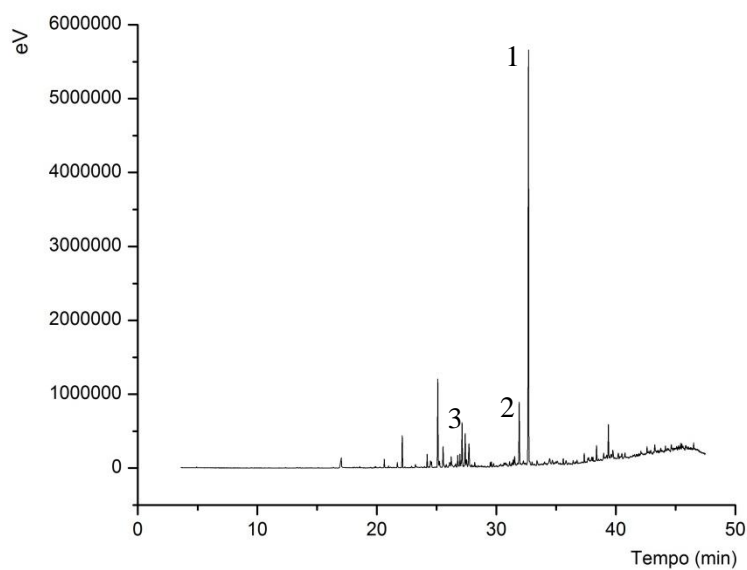


Gráfico 8 Cromatograma do óleo essencial extraído da casca da candeia. Em que: 1 –  $\alpha$ -bisabolol; 2 – óxido de  $\alpha$ -bisabolol e 3 –  $\beta$ -selineno

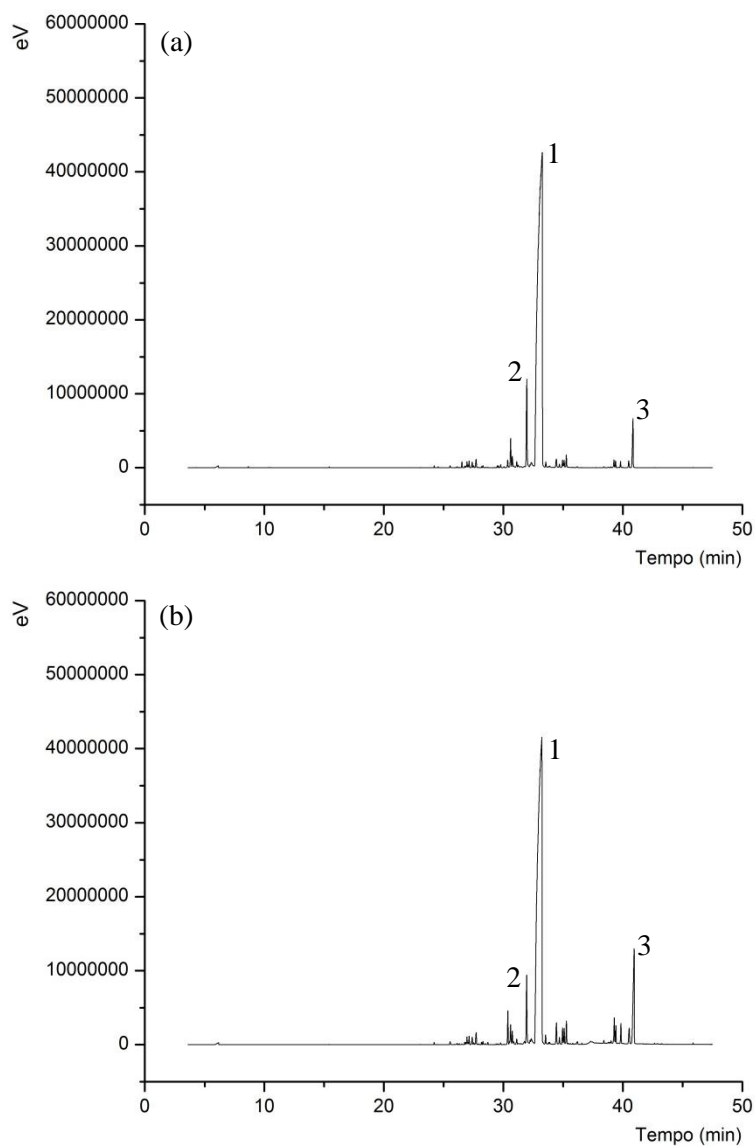


Gráfico 9 Cromatogramas do óleo essencial do lenho de candeia, (a) das quatro horas iniciais de extração e (b) do período de seis a oito horas de extração. Em que: 1 –  $\alpha$ -bisabolol; 2 – óxido de  $\alpha$ -bisabolol e 3 – eremanthin

A Figura 15, indica as estruturas químicas dos compostos identificados

na casca e no lenho de candeia.

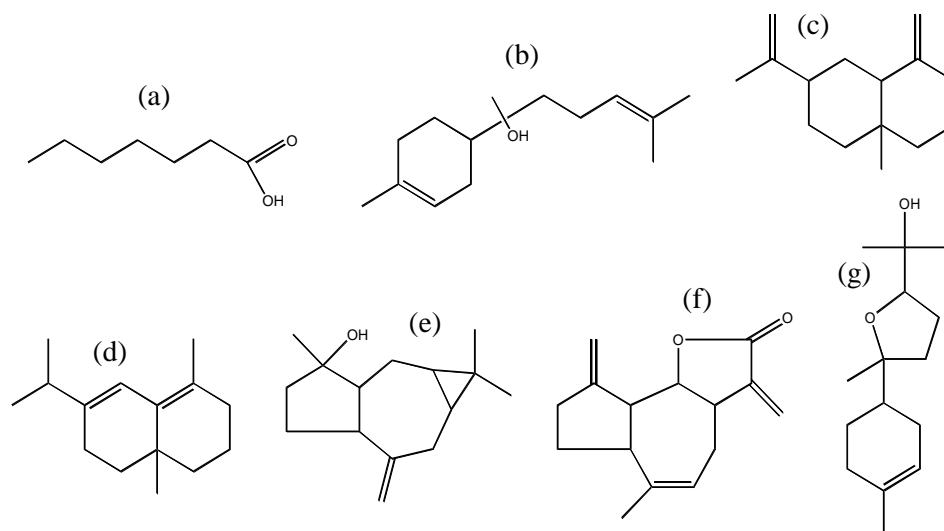


Figura 15 Estrutura química dos compostos: ácido heptanóico (a),  $\alpha$ -bisabolol (b),  $\beta$  – selineno (c),  $\delta$ - selineno (d), espatulenol (e), Eremanthin (f) e óxido de  $\alpha$ -bisabolol (g)

Sendo o  $\alpha$ -bisabolol o composto de interesse, a Tabela 50 e a Tabela 51 mostram a quantidade de  $\alpha$ -bisabolol e de óleo essencial, por massa seca e por volume; em massa e em volume por hectare, em diferentes tempos de extração para os quatro espaçamentos considerados, com e sem a prática da desrama, para a candeia sem casca. Não é possível fazer a comparação entre a madeira com casca, em diferentes tempos, porque a metodologia de extração do óleo essencial da casca foi diferente da do lenho.

O teor de óleo essencial dado em porcentagem foi calculado em relação à massa seca (Tabela 51 e Tabela 50). Assim, verifica-se que, para a candeia sem casca e com desrama, no espaçamento 1,5x1,5, o rendimento em óleo essencial no maior tempo foi de 0,82% e o de  $\alpha$ -bisabolol foi de 0,72%; no espaçamento 1,5x2,0, foi de 0,9% e 0,8%; no 1,5x2,5, foi de 0,88% e 0,77% e

no maior espaçamento, 1,5x3,0, foi de 1,02% e 0,91%, respectivamente. Para a candeia sem desrama foi de 1,06% e 0,94%; 0,99% e 0,89%; 1,09% e 0,97% e 1,04% e 0,93%, valores que estão representados no Gráfico 10.

Conforme o Gráfico 10, verifica-se que as variações nos teores de óleo essencial são equivalentes às ocorridas nos teores de  $\alpha$ -bisabolol, em relação à massa seca, gerando linhas praticamente paralelas entre si; porém, a prática da desrama, além de reduzir os rendimentos, causa um comportamento inverso destes em relação aos espaçamentos.

O comportamento do  $\alpha$ -bisabolol seja em massa ou volume; por área, por massa ou por volume de madeira, segue as mesmas tendências dos rendimentos em óleo essencial, já que a porcentagem dele, mostrou-se bastante homogênea, com a variação dos tratamentos e subtratamentos, de acordo com as variações do óleo essencial. Para esta idade, pode-se considerar esses valores satisfatórios em relação à produção de óleo essencial. As análises de variância seguiram o mesmo padrão daquelas feitas para os rendimentos de óleo essencial, e, por isso, não foram apresentadas.

Tabela 50 Rendimento de óleo essencial e  $\alpha$ -bisabolol do lenho de candeia aos nove anos de idade, em diferentes espaçamentos e sem desrama, para diferentes tempos de extração

Espaçamento (m)		1,5X1,5			1,5X2,0			1,5X2,5			1,5X3,0		
Tempo (horas)		4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
DAP	cm	5,95			6,96			7,19			7,82		
HT	m	4,58			4,79			4,63			4,65		
PScc	Mg/ha	19,25			19,68			16,87			18,93		
VTcc	m <sup>3</sup> /ha	31,57			31,98			27,67			32,02		
OE		7,71	9,60	10,61	7,36	8,92	9,92	8,06	9,85	10,87	7,39	9,27	10,38
$\alpha$ -bisa	g/Kg	6,92	8,54	9,37	6,68	8,04	8,88	7,29	8,83	9,68	6,70	8,34	9,26
OE		132,1	164,7	182,3	140,8	170,6	189,8	121,6	149,0	164,5	123,3	157,2	177,1
$\alpha$ -bisa	kg/ha	118,7	146,8	161,3	127,9	153,8	169,8	109,7	133,2	146,0	112,2	141,9	158,6
OE		4,97	6,19	6,84	4,77	5,78	6,43	5,18	6,33	6,99	4,68	5,87	6,57
$\alpha$ -bisa	kg/m <sup>3</sup>	4,47	5,51	6,05	4,33	5,21	5,75	4,69	5,67	6,22	4,25	5,27	5,86
OE		1,86	2,32	2,56	1,79	2,16	2,41	1,94	2,37	2,62	1,75	2,20	2,46
$\alpha$ -bisa	kg/mst	1,67	2,06	2,27	1,62	1,95	2,15	1,75	2,12	2,33	1,59	1,98	2,19
OE		142,0	177,0	196,0	151,3	183,4	204,1	130,7	160,1	176,9	132,5	169,0	190,4
$\alpha$ -bisa	L/ha	127,6	157,8	173,4	137,5	165,4	182,6	117,9	143,2	156,9	120,6	152,5	170,5
OE		5,35	6,65	7,36	5,12	6,21	6,91	5,57	6,81	7,52	5,03	6,31	7,06
$\alpha$ -bisa	L/m <sup>3</sup>	4,80	5,93	6,51	4,66	5,60	6,18	5,04	6,10	6,69	4,57	5,67	6,29
OE		2,00	2,49	2,76	1,92	2,33	2,59	2,09	2,55	2,82	1,89	2,36	2,64
$\alpha$ -bisa	L/mst	1,80	2,22	2,44	1,74	2,10	2,32	1,89	2,28	2,50	1,71	2,12	2,36

$\alpha$ -bisa:  $\alpha$ -bisabolol; g/kg: gramas de óleo essencial ou de  $\alpha$ -bisabolol por quilograma de madeira seca; kg/mst: quilogramas de óleo essencial por metro estéreo de madeira

Tabela 51 Rendimento de óleo essencial e  $\alpha$ -bisabolol do lenho de candeia aos nove anos de idade, em diferentes espaçamentos e com desrama, para diferentes tempos de extração

Espaçamento (m)		1,5X1,5			1,5X2,0			1,5X2,5			1,5X3,0		
Tempo (horas)		4	6	8	4	6	8	4	6	8	4	6	8
DAP	cm	6,62			7,12			7,53			7,76		
HT	m	4,95			4,89			4,93			4,72		
PSc	kg/ha	21,46			20,33			18,11			16,89		
VTcc	m <sup>3</sup> /ha	36,24			34,02			29,86			28,44		
OE	g/Kg	6,36	7,54	8,24	6,66	8,07	8,96	6,25	7,90	8,76	7,19	9,12	10,23
$\alpha$ -bisa	g/Kg	5,67	6,67	7,24	6,04	7,26	8,03	5,61	7,03	7,73	6,50	8,18	9,11
OE	kg/ha	123,2	147,0	160,9	128,2	154,7	171,6	104,7	132,3	146,5	107,6	137,7	155,1
$\alpha$ -bisa	kg/ha	109,8	130,0	141,5	115,9	138,9	153,6	93,9	117,7	129,5	97,6	123,8	138,5
OE	kg/m <sup>3</sup>	3,97	4,71	5,14	4,24	5,13	5,70	3,99	5,04	5,58	4,41	5,60	6,29
$\alpha$ -bisa	kg/m <sup>3</sup>	3,54	4,16	4,52	3,84	4,61	5,11	3,57	4,48	4,93	3,98	5,03	5,61
OE	kg/mst	1,49	1,76	1,93	1,59	1,92	2,13	1,49	1,89	2,09	1,65	2,10	2,36
$\alpha$ -bisa	kg/mst	1,33	1,56	1,69	1,44	1,73	1,91	1,34	1,68	1,85	1,49	1,88	2,10
OE	L/ha	132,4	158,0	173,0	137,8	166,3	184,5	112,5	142,2	157,5	115,7	148,0	166,8
$\alpha$ -bisa	L/ha	118,1	139,8	152,1	124,6	149,4	165,2	101,0	126,6	139,2	104,9	133,1	148,9
OE	L/m <sup>3</sup>	4,27	5,06	5,53	4,55	5,51	6,12	4,28	5,42	6,00	4,74	6,02	6,76
$\alpha$ -bisa	L/m <sup>3</sup>	3,80	4,47	4,85	4,12	4,96	5,49	3,84	4,81	5,30	4,28	5,40	6,03
OE	L/mst	1,60	1,90	2,07	1,71	2,07	2,29	1,60	2,03	2,25	1,77	2,26	2,53
$\alpha$ -bisa	L/mst	1,43	1,68	1,82	1,54	1,86	2,06	1,44	1,80	1,98	1,60	2,02	2,26

$\alpha$ -bisa:  $\alpha$ -bisabolol; g/kg: gramas de óleo essencial ou de  $\alpha$ -bisabolol por quilograma de madeira seca; kg/mst: quilogramas de óleo essencial por metro estéreo de madeira.

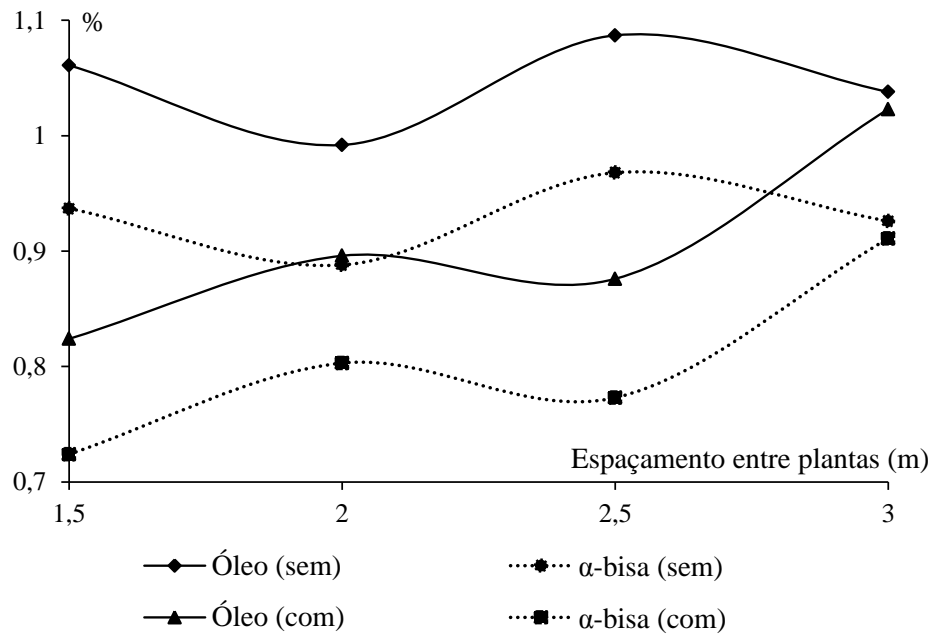


Gráfico 10 Comportamento dos teores de óleo essencial e  $\alpha$ -bisabolol ( $\alpha$ -bisa), em relação aos espaçamentos, para a candeia com desrama (com) e sem desrama (sem)

#### 4.4.1 Análise de regressão do rendimento de $\alpha$ -bisabolol e tempo extração

Com o intuito de verificar se o intervalo de tempo apropriado para a extração de óleo essencial de candeia está de acordo com o ganho em rendimento em  $\alpha$ -bisabolol, que é o composto de interesse, foi efetuado o mesmo procedimento para esse composto.

Após testes preliminares, a relação rendimento de  $\alpha$ -bisabolol pelo tempo de extração foi melhor representada pelo modelo monomolecular, com erro padrão da estimativa de 0,26%, resultando na equação que se segue:

$$R\alpha = 9,86279 * (1 - e^{-0,264274*T})$$

em que:

$R\alpha$ : rendimento em  $\alpha$ -bisabolol na base seca (g/kg) e  
 T: tempo de extração (horas).

A partir desta equação foi possível determinarem-se os rendimentos de  $\alpha$ -bisabolol para diversos tempos de extração, em intervalos de uma hora. Com estes valores estimados foram calculados os incrementos correntes do rendimento de  $\alpha$ -bisabolol ( $IC\alpha$ ), que resultaram na tendência exponencial exposta no Gráfico 11.

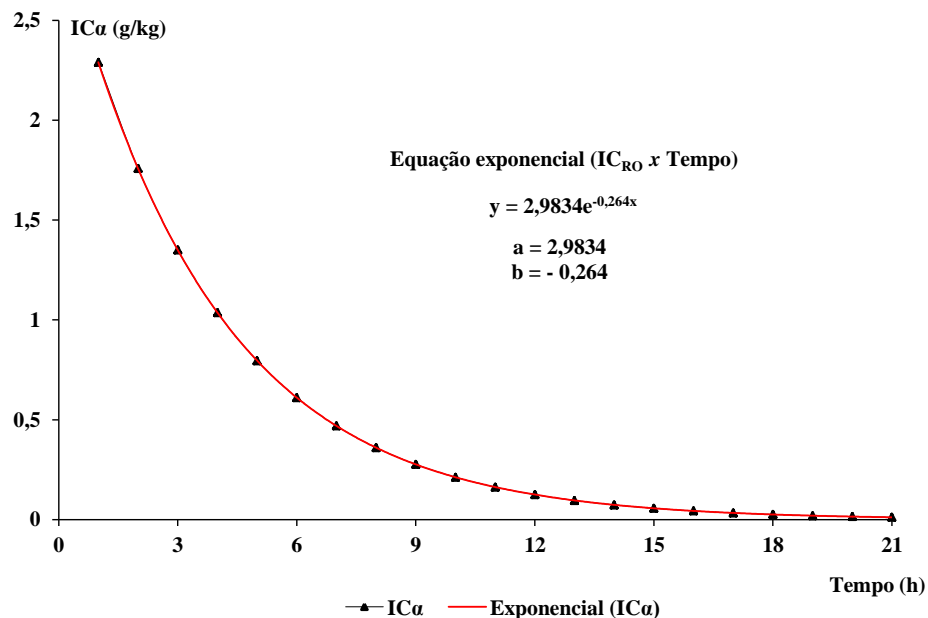


Gráfico 11 Linha de tendência do incremento corrente do rendimento em  $\alpha$ -bisabolol ( $IC\alpha$ ) pelo tempo (t)

De acordo com o método da curvatura empírica foi determinado o tempo máximo de extração para o lenho da candeia, considerando os valores de “a” e “b” gerados pela equação exponencial do  $IC\alpha$  (Gráfico 11). O limite superior, dado por  $T_{max}$ , determinado pelo método de curvatura empírico, para a= 2,9834; b= -0,264 e um ângulo de  $178^\circ$  resultou em 11,80 horas, podendo-se considerar 12 horas. Isso significa que além deste período é inviável continuar extraindo, pois, mesmo que se extraia por muito tempo além, o ganho em rendimento será



mínimo, não compensando o tempo gasto.

Ao considerar a equação monomolecular do rendimento em  $\alpha$ -bisabolol, supracitada, nota-se que o valor da assíntota equivale a 9,86 g/kg, indicando que, em média, o máximo de  $\alpha$ -bisabolol que poderia ser extraído seria este valor; com o tempo de oito horas, obteve-se um rendimento médio de 8,66 g/kg, ou seja, 13,86% a menos que a média máxima que poderia ser extraída; considerando o tempo máximo viável de 12 horas, o valor encontrado foi 4,33% inferior a este limite, ou seja, para se ter um ganho de 9,53% no rendimento, serão necessárias mais quatro horas de extração. Assim, a opção pela escolha de um maior tempo será dada de acordo com o objetivo do estudo e recursos disponíveis.

Já o limite inferior, determinado pelo método do modelo linear segmentado com platô (Gráfico 12), foi de 6,30 horas, podendo considerarem-se 6 horas. É importante ressaltar que o ponto ótimo deste método sofre influência do número de observações combinada com as dimensões dos eixos; no caso, como o limite superior, ou seja, o ponto de estabilização da curva, foi de 12 horas, e também, por ser inviável na prática ficar além deste horário – o valor de 12 horas foi utilizado como limite para este método. Assim sendo, o período de 6 horas indica o tempo mínimo de extração, em relação ao ganho em rendimento de  $\alpha$ -bisabolol, pois antes deste período há uma perda de  $\alpha$ -bisabolol considerável.

Nota-se que o intervalo de tempo gerado está condizente com o obtido para o incremento em óleo essencial, podendo estabelecer-se satisfatoriamente o tempo mínimo para extração de seis horas e trinta minutos, e o máximo de 12 horas e trinta minutos.

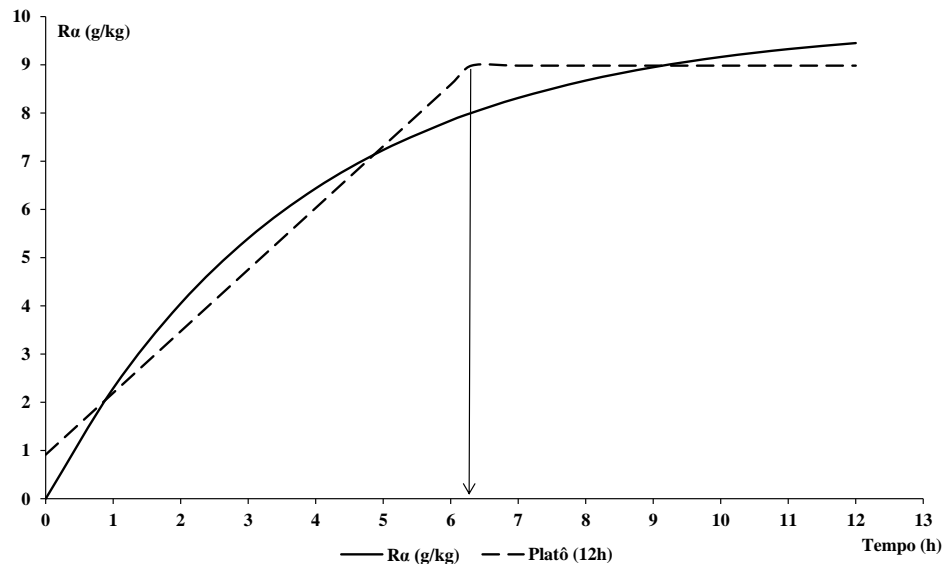


Gráfico 12 Ponto ótimo do tempo de extração pelo rendimento de  $\alpha$ -bisabolol ( $R\alpha$ ) determinado pelo método de platô

Comparando-se as duas equações monomoleculares ajustadas, para o rendimento de óleo essencial e de  $\alpha$ -bisabolol, ambas em relação à matéria seca (g/kg), que são rerepresentadas a seguir, podem ser feitas algumas considerações.

Equação do rendimento de óleo essencial (RO) pelo tempo de extração:

$$RO = 11,2946 * (1 - e^{-0,24933*T})$$

Equação do rendimento de  $\alpha$ -bisabolol ( $R\alpha$ ) pelo tempo de extração:

$$R\alpha = 9,86279 * (1 - e^{-0,264274*T})$$

De acordo com os valores assintóticos das duas equações nota-se que, em média, o rendimento mínimo de  $\alpha$ -bisabolol, agora em relação ao rendimento de óleo essencial por massa seca, é de 87,32%, indicando que o rendimento em  $\alpha$ -bisabolol se mantém alto, mesmo com um período longo de extração. Analisando-se a medida relativa da taxa de crescimento do rendimento em relação ao tempo, no caso negativa, nota-se que o tempo provoca uma perda de

rendimento maior em  $\alpha$ -bisabolol do que em óleo essencial.

#### **4.5 Influência do solo na composição química do óleo essencial**

Foi investigado, ainda, se a variação da composição do solo interferiu na composição química do óleo essencial de candeia. Os valores médios dos componentes do solo e coeficientes de variação, de todas as 64 amostras e sem os valores discrepantes, são apresentados na Tabela 52.

Em uma primeira análise entre o solo, na profundidade de 0-20 cm e os rendimentos dos componentes químicos identificados do óleo essencial de candeia, por metro cúbico de madeira, notou-se a tendência de alguns nutrientes interferirem na composição química do óleo essencial. Estes geraram valores de correlação entre a composição do solo e os eixos principal e secundário, relativamente, altos e uma variância explicada pelos dois eixos de 62,3%.

O coeficiente de correlação de Pearson do primeiro eixo foi de 0,936, considerado acentuado, e de 0,863 para o segundo eixo. O primeiro eixo de ordenação canônica explicou 46,9% da variância observada e fez um autovalor de 0,013, o segundo explicou 15,4%, com autovalor de 0,004. Estes autovalores são muito baixos para os dois primeiros eixos, menores que 0,35 (CUNHA et al., 2003), o que significa que os gradientes são curtos em todos os casos, ou seja, não há uma boa separação das amostras ao longo dos eixos. O teste de permutação de Monte Carlo mostrou que a probabilidade de encontrar, ao acaso, um autovalor igual ou maior que o obtido pelo primeiro eixo de ordenação canônica, com o mesmo número de variáveis utilizadas nesta análise, é superior a 5% ( $p=0,08$ ).

Tabela 52 Médias e coeficientes de variação (CV) dos componentes do solo, de todas as amostras e sem os valores discrepantes para as variáveis P, K, Zn e S

Caract.	Profund. (cm)	Todas as amostras				Sem valores discrepantes				
		0-20		20-40		0-20		20-40		
	Fator	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	Média	CV (%)	
Químicas	pH	5,1	2	5,1	2,2	5,1	2	5,1	2,2	
	Ca	0,1	8,7	0,1	19,8	0,1	8,7	0,1	19,8	
	Mg	0,1	8,7	0,1	0	0,1	8,7	0,1	0	
	Al	0,9	22,2	0,7	28,2	0,9	22,2	0,7	28,2	
	H+Al	6,8	15,6	5,9	16,7	6,8	15,6	5,9	16,7	
	SB	0,3	18,1	0,3	13,9	0,3	18,1	0,3	13,9	
	(t)	1,3	16	1	19,6	1,3	16	1	19,6	
	(T)	7,1	14,8	6,2	15,9	7,1	14,8	6,2	15,9	
	V	4,6	30,5	4,8	27	4,6	30,5	4,8	27	
	m	74	8	70,6	10,1	74	8	70,6	10,1	
Químicas	Zn	1,5	231	1	141,9	0,8	54,7	0,7	49,6	
	Fe	39,9	18,4	31,4	15,5	39,9	18,4	31,4	15,5	
	Mn	1,4	41,5	1,1	42,9	1,4	41,5	1,1	42,9	
	Cu	1,8	25	1,7	24,8	1,8	25	1,7	24,8	
	B	0,2	24,6	0,2	23,9	0,2	24,6	0,2	23,9	
	S	12,3	61,4	13,8	49,3	10,9	46,8	13,2	50,3	
	P	1,2	50,9	1,2	35,6	1,1	39,4	1,1	30,7	
	K	44	43,7	30,7	38,3	39,9	24,6	28,6	26,4	
	MO	dag/kg	3,5	22,4	3,2	21,4	3,5	22,4	3,2	21,4
	Prem	mg/L	14,5	18,4	13,1	14,6	14,5	18,4	13,1	14,6
Físicas	Areia	45,9	6,6	46,3	4,3	45,9	6,6	46,3	4,3	
	Silte	38,6	9,6	38,3	6,1	38,6	9,6	38,3	6,1	
	Argila	15,6	14,5	15,3	9,7	15,6	14,5	15,3	9,7	

Caract.: Característica do solo, CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica; CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica com pH 7,0; V: índice de saturação de bases; m: índice de saturação de Alumínio; MO: matéria orgânica; P-rem: Fósforo remanescente.

Procedeu-se à retirada de uma amostra que apresentava valor extremo, referente à testemunha, do primeiro bloco, no menor espaçamento, e com isso, o primeiro eixo de ordenação passou a explicar 35,1% da variância com autovalor de 0,007, e o segundo aumentou para 24% da variância explicada com autovalor

de 0,005. O coeficiente de Pearson foi de 0,811 e 0,874 para o primeiro e segundo eixos respectivamente. E o teste de Monte Carlo obteve valor muito superior de 0,77, comprovando, assim, juntamente com os baixos valores de autovalor e conforme o Gráfico 13, que não houve tendência entre as variações do solo e os rendimentos dos componentes do óleo essencial. E que a variabilidade explicada se deve, muito provavelmente, mais a fatores aleatórios do que à composição do solo no caso deste experimento.

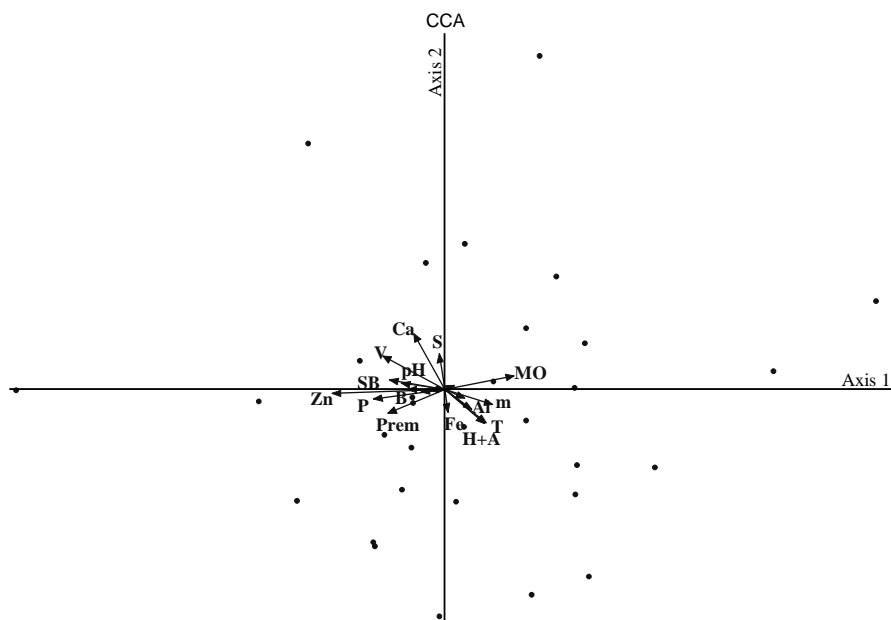


Gráfico 13 Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (CCA) das amostras de rendimentos de óleo essencial provenientes de 32 árvores de candeia associadas às variáveis de solo, das quais retiraram-se cinco (K, Mg, Cu, Mn e t), de muito baixa correlação com os eixos

A tendência de o solo não interferir no rendimento do óleo essencial foi observada tanto na profundidade de coleta do solo de 0 a 20 cm, quanto na de 20 a 40 cm, assim como, para o rendimento de cada componente em quilogramas

por, metro cúbico, hectare, árvore e quilograma de matéria seca.

Este resultado contrasta com o realizado por Curado et al. (2006), que estudando o óleo essencial de plantas de *Lychnophora ericoides* coletadas nos municípios de Cristalina-GO e Vianópolis-GO, observaram que o solo interferiu no comportamento do  $\alpha$ -bisabolol, sendo que sua presença no óleo essencial ocorreu em plantas cultivadas em solos mais ácidos e com alta capacidade de troca de cátions.

Os resultados, de maneira geral, indicaram que a produção de óleo essencial na candeia plantada não sofreu variações significativas devido à densidade de plantio, à prática de desrama e à composição do solo, o que pode significar uma série de pressuposições, como: o período de nove anos, este período não foi suficiente para a candeia dar uma resposta a alguma destas variações; a variação no solo, no espaçamento e na intensidade da desrama não foram tão fortes para provocar uma resposta da planta. Por se tratar de um plantio seminal, a variação genética participa mais da variação na produção de óleo essencial que as condições de plantio e manejo da candeia; estes fatores podem ter influenciado a planta na produção de outras substâncias, que não o óleo essencial. O mecanismo de produção de óleo essencial da planta não é afetado por estas variações, dando a entender que sua produção está ligada a outros fatores, como por exemplo, os já citados por Bakkali et al. (2008), Gobbo Netto e Lopes (2007), Morais (2009) e Simões et al. (2007), que são: ataque de patógenos, herbivoria, disponibilidade de água, temperatura, idade, entre outros.

Considerando que não há resultados quanto ao melhoramento da candeia, que este trabalho é o primeiro passo para o reconhecimento de materiais potenciais para a seleção e clonagem, visando à produção de óleo essencial e que o crescente número de candeais que vem sendo implantados são de origem seminal, os valores inéditos aqui apresentados tornam-se valiosos para o manejo da candeia plantada e levam a crer que em idades maiores os plantios

apresentarão quantidades de óleo essencial e de  $\alpha$ -bisabolol equivalentes aos candeais nativos ou, e até mesmo, superiores em idades equivalentes.

## 5 CONCLUSÕES

A densidade básica da casca não sofreu influência da densidade de plantio e da prática de desrama, já para o lenho apresentou que a densidade a 0% da altura comercial de plantas com desrama foi inferior a das plantas sem desrama. Tanto a densidade básica da casca como do lenho tiveram tendência significativa de decrescer no sentido base-topo da árvore. A densidade média ponderada do lenho e da árvore não sofreram influência da densidade de plantio e prática de desrama; já a densidade média ponderada da casca de plantas desramadas foi superior a das plantas sem desrama.

Em relação às variáveis dendrométricas, concluiu-se que o menor espaçamento (1,5x1,5) resultou em plantas com DAP inferior ao do maior espaçamento, sendo que os espaçamentos intermediários foram iguais entre si. A desrama favoreceu o crescimento em altura total da candeia. A massa seca e o volume, individual e por área, das plantas de candeia, tanto com casca, como sem casca, não sofreram interferência da variação da densidade de plantio e prática de desrama e apresentaram alta variabilidade. A desrama propiciou uma maior mortalidade na candeia, sendo que, a média para os tratamentos desramados foi de 22,66% e para os tratamentos sem desrama foi de 18,08%.

Para a produção de óleo essencial, verificou-se que a candeia no menor espaçamento (1,5x1,5) produziu uma quantidade inferior de óleo essencial por árvore, que quando submetidas ao maior espaçamento entre plantas (1,5x3,0), embora, isto não tenha provocado uma diferença de rendimentos por hectare, em relação aos diferentes espaçamentos e a prática de desrama.

O rendimento de óleo essencial, tanto por massa, quanto por volume e por área, não sofreu interferência significativa do espaçamento de plantio e da prática da desrama.

O rendimento de óleo essencial da casca foi muito baixo, 0,0083% em



relação à massa seca de casca. O rendimento, em relação à massa seca de madeira, para a candeia sem casca foi de 0,97%, já para a candeia com casca foi de 0,89%.

O tempo mínimo de extração de óleo essencial da madeira de candeia deve ser de 6,5 horas e o máximo de 12,5 horas.

O óleo essencial de candeia apresentou, como os principais compostos o  $\alpha$ -bisabolol, o óxido de  $\alpha$ -bisabolol, eremanthin e espatulenol, encontrados em todas as amostras, também, foi observada a presença de  $\delta$ -selineno, e  $\beta$ -selineno em algumas amostras, de forma aleatória. Os espaçamentos de plantio e a desrama não influenciaram na composição do óleo essencial.

As concentrações de  $\alpha$ -bisabolol e espatulenol diminuíram com o aumento do tempo de extração; o óxido de  $\alpha$ -bisabolol teve comportamento crescente até quatro horas de extração e depois deste período foi decrescente; o eremanthin aumentou sua concentração, com o aumento do tempo de extração.

A concentração média de  $\alpha$ -bisabolol, em relação ao rendimento de óleo essencial é de 88,85%. Seu teor no óleo essencial varia, em média, de 94% para o tempo de duas horas de extração, até 83% para o intervalo de seis a oito horas de extração.

A casca da candeia apresentou em média 31,52% de  $\alpha$ -bisabolol, sendo que os outros compostos identificados foram:  $\beta$ -selineno, óxido de  $\alpha$ -bisabolol,  $\delta$ -selineno, ácido heptanóico e eremanthin.

As características físicas do solo foram homogêneas e as variações das características químicas deste, não influenciaram na composição química do óleo essencial.

## 6 REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oils components by gas chromatography/ mass spectroscopy**. 4th ed. Carol Stream: Allured, 2007. 469 p.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official Method Da2b-42**: official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society. 4th ed. Champaign, 1994.

ANDRADE, I. S. **Avaliação técnica e econômica de sistemas de manejo de candeais nativos. 2009**. 165 p. Tese (Doutorado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ANDRADE, I. L. et al. Chemical composition and insecticidal activity of essential oils from *Vanillosmopsis pohlii* Baker against *Bemisia argentifolii*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 19, p. 5879-5881, 2004.

ARAÚJO, L. C. ***Vanillosmopsis erythropappa* (DC.) Sch. Bip**: sua exploração florestal. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 58 p.

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS. **Caracterização dos municípios mineiros**. Disponível em: <[http://www.almg.gov.br/consulte/info\\_sobre\\_minas/index.html?aba=js\\_tabMunicipios&sltMuni=145](http://www.almg.gov.br/consulte/info_sobre_minas/index.html?aba=js_tabMunicipios&sltMuni=145)>. Acesso em: 17 jan. 2012.

AUBERT, E.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Análise multivariada da estrutura fitossociológica do sub-bosque de plantios experimentais de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. em Lavras (MG). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 18, n. 3, p. 194-214, 1994.

BADI, H. N. et al. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 19, p. 231-236, 2004.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446-475, Feb. 2008.

BALDWIN JÚNIOR, V. C. et al. The effects of spacing and thinning on stand and tree characteristics of 38-year-old Loblolly Pine. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 137, 91-102, 2000.

BANDEIRA, J. M. et al. Composição do óleo essencial de quatro espécies do gênero *Plectranthus*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 157-164, 2011.

BANDONI, A. L.; CZEPAK, M. P. **Os recursos vegetais aromáticos no Brasil, seu aproveitamento industrial para a produção de aromas e sabores**. Vitória: Edufes, 2008. 624 p.

BARRETO, A. S.; VEIGA JÚNIOR, V. F. **Inteligência vegetal na arte da sedução: interações biológicas, evolução, utilização, extração, identificação, química e farmacologia de óleos essenciais de plantas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005. 116 p.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização**. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

BEZERRA, S. B. et al. Bisabolol-Induced Gastroprotection Against Acute Gastric Lesions: Role of Prostaglandins, Nitric Oxide, and KATP + Channels. **Journal of Medicinal Food**, New Rochelle, v. 12, n. 6, p 1403-1406, 2009.

BHATIA, S. P. et al. Fragrance material review on  $\alpha$ -bisabolol. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 11, p. 72-76, 2008. Suppl.

BORSATO, A. V. et al. Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] extraído por arraste de vapor d'água, em escala comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 129-136, jan./mar. 2008.

BOURGAUD, F. et al. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. **Plant Science**, Limerick, v. 161, p. 839-851, 2001.

BREHM-STECHER, B. F.; JOHNSON, E. A. Sensitization of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* to Antibiotics by the Sesquiterpenoids Nerolidol, Farnesol, Bisabolol, and Apritone. **Antimicrob Agents and Chemother**, Washington, v. 47, n. 10, p. 3357-3360, 2003.

CALLAN, N. W. et al. Herb and oil composition of dill (*Anethum graveolens* L.): Effects of crop maturity and plant density. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 25, p. 282-287, 2007.

CAMOLESI, J. F. et al. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelo para volume e número de moirões da candeia (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 431-441, out./dez. 2010.

CAMOLESI, J. F. **Volúmetria e teor alfa bisabolol para a candeia *Eremanthus erythropappus***. 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CÂNDIDO, J. F. **Cultura da candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* (DC.) Sch. Bip)**. Viçosa: UFV, 1991. 7 p. (Boletim de extensão, 35).

CASSEL, E. et al. Extraction of Baccharis Oil by Supercritical CO<sub>2</sub>. **Industrial & engineering chemistry research**, Washington, v. 39, n. 12, p. 4803-4805, 2000.

CAVALIERI, E. et al. Pro-apoptotic activity of  $\alpha$ -bisabolol in preclinical models of primary human acute leukemia cells. **Journal of Translational Medicine**, London, v. 9, p. 01-13, Apr. 2011.

CECCHINI, C. et al. Antimicrobial efficacy of *Achillea ligustica* All. (Asteraceae) essential oils against reference and isolated oral microorganisms. **Chemistry & Biodiversity**, Zürich, v. 9, n. 1, p. 12-23, 2012.

CHAGAS, M. P.; TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C. S. Caracterização macro e microscópica da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*, Asteraceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 156-158, jul. 2007. Supl. 1.

CHORIANOPOULOS, N. et al. Characterization of the essential oil volatiles of *Satureja thymbra* and *Satureja parnassica*: influence of harvesting time and antimicrobial activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 8, p. 3139-3145, 2006.

CUNHA, L. O. et al. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 503-515, 2003.

CURADO, M. A. et al. Environmental factors influence on chemical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. **Phytochemistry**, New York, v. 67, p. 2363-2369, 2006.

DARRA, E. et al. Alpha-bisabolol: unexpected plant-derived weapon in the struggle against tumour survival? **Italian Journal of Biochemistry**, New York, v. 56, n. 4, p. 323-328, 2007.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach**. 2nd. ed. Ottawa: J. Wiley, 2002. 507 p.

DIRZO, R. Metabolitos secundários en las plantas ¿Atributos panglossianos o de valor adaptativo? **Ciencia**, São Paulo, v. 36, p. 137-145, 1985.

DUTRA, R. C. et al. Caracterização morfoanatômica das folhas de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeisch, Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20, n. 6, p. 818-824, dez. 2010.

FARALDOS, J. A. et al. Bisabolyl-Derived Sesquiterpenes from Tobacco 5-Epi-aristolochene Synthase-Catalyzed Cyclization of (2Z,6E)-Farnesyl Diphosphate. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 132, n. 12, p. 4281-4289, 2010.

FEITOSA, S. S. et al. Estudos de viabilidade de sementes de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish por meio de testes de germinação e raios X. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 393-399, abr./jun. 2009.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: versão 4.2. Lavras: DEX/UFLA, 2003. 79 p.

FERREIRA, D. F. Uso de recursos computacionais. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/~danielff/RC0.pdf>>. Acesso em: 9 fev. 2012.

FINGER, C. A. G. et al. Efeito da intensidade de desrama sobre o crescimento e a produção de *Eucalyptus saligna* Smith. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 53-64, 2001.

FLORIANO, E. P. **Efeito da desrama sobre o crescimento e a forma de *Pinus elliottii* Engelm.** 2004. 93 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

FOREST PRODUCTS LABORATORY: standard terms for describing wood.

**Forest Products Laboratory research Paper**, Madison, n. 171, p. 1-10, 1973.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* ssp) e a influência das diferentes origens comerciais de sua

madeira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

GARCIA, M. et al. Absolute stereochemistry of eremanthine, a schistosomicidal sesquiterpene lactone from *Eremanthus eleagnus*. **Phytochemistry**, New York, v. 15, p. 331-332, 1976.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, mar./abr. 2007.

GUIMARÃES, L. G. L. et al. Influência da luz e da temperatura sobre a oxidação do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) STAPF). **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 1476-1480, 2008.

HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. A.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, p. 18-25, 2009.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic, 1998. p. 767.

ISCAN, G. et al. Biological Activity and Composition of the Essential Oils of *Achillea schischkinii* Sosn. and *Achillea aleppica* DC. subsp. *aleppica*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 1, p. 170-173, 2006.

JAKIEMIU, E. A. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho (*Thymus vulgaris* L.)**. 2008. 89 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

JEQUIER, C. et al. Constituents of the essential oil of *Salvia stenophylla*. **Phytochemistry**, New York, v. 19, p. 461-462, 1980.

KAINULAINEN, P. et al. Foliar and Emission Composition of Essential Oil in Two Carrot Varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 9, p. 3780-3784, 1998.

KAMATOU, G. P. P. et al. The in vitro pharmacological activities and a chemical investigation of three South African *Salvia* species. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 102, p. 382-390, 2005.

KAMATOU, G. P. P.; VILJOEN, A. M. A Review of the Application and Pharmacological Properties of  $\alpha$ -Bisabolol and  $\alpha$ -Bisabolol-Rich Oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 87, n. 1 p. 1-7, 2010.

KIM, S. et al. Inhibitory effects of (-)- $\alpha$ -bisabolol on LPS-induced inflammatory response in RAW264.7 macrophages. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 49, n. 10, p. 2580-2585, 2011.

KIM, S. et al. Mechanisms of depigmentation by  $\alpha$ -bisabolol. **Journal of Dermatological Science**, Amsterdam, v. 52, n. 3, p. 219-222, 2008.

KNOWE, S. A.; HIBBS, D. E. Stand structure and dynamics of young red alder as affected by planting density. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 82, p. 69-85, 1996.

KORDALI, S. et al. Screening of chemical composition and antifungal and antioxidant activities of the essential oils from three Turkish *Artemisia* species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 5, p. 1408-1416, 2005.

LEITE, G. O. et al. Gastroprotective mechanism of *Vanillosmopsis arborea* bark essential oil. **Fitoterapia**, Milano, v. 80, n. 1, p. 77-80, 2009.



LITAUDON, M. et al. A Dimeric sesquiterpenoid from a Malaysian *Meiogyne* as a new inhibitor of Bcl-xL/BakBH3 domain peptide interaction. **Journal of Natural Products**, Cincinnati, v. 72, n. 3, p. 480-483, 2009.

LOEUILLE, B. *Eremanthus* in lista de espécies da flora do Brasil. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB005312>>. Acesso em: 2 fev. 2012.

MACLEISH, N. F. F. Revision of *Eremanthus* (Compositae: Vernoniaeae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Saint Louis, v. 47, n. 2, p. 265-290, 1987.

MAGALHÃES, W. C. S. et al. Diversidade de fungos endofíticos em candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 267-273, jul./set. 2008.

MATOS, M. E. O. et al. Sesquiterpenes from *Vanillosmopsis arborea*. **Journal of Natural Products**, Cincinnati, v. 51, n. 4, p. 780-782, 1988.

MELO, M. T. P. et al. Produção de fitomassa e teor de óleo essencial de folhas de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.) em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 230-234, 2011.

MEVY, J. P. et al. Composition and Some Biological Activities of the Essential Oils from an African Pasture Grass: *Elionurus elegans* Kunth. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 15, p. 4240-4243, 2002.

MIGUEL, E. P. et al. Comparação entre procedimentos utilizados para inventariar pequenos povoamentos florestais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 9, p. 1-10, 2010.

MILTHORPE, P. L. et al. Optimum planting densities for the production of eucalyptus oil from blue mallee (*Eucalyptus polybractea*) and oil mallee (*E. kochii*). **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 219–227, 1998.

MINAS GERAIS. Portaria n. 1 de 5 de janeiro de 2007. Dispõe sobre normas para elaboração e execução do Plano de Manejo para a Produção Sustentada da candeia – *Eremanthus incanus* e *E. erythropappus* no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário do Executivo de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 6 jan. 2007.

MIRANDA, C. A. S. F. **Atividade antioxidante de óleos essenciais de folhas de diversas plantas**. 2010. 151 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production: a review. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 179, p. 1-13, 2003.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009. Supl.

MORALES-YUSTE, M. et al. Activity of(-)- $\alpha$ -bisabolol against *Leishmania infantum* promastigotes. **Phytomedicine**, Stuttgart, v. 17, n. 3-4, p. 279-281, 2010.

MORI, C. L. S. O. **Análise das características da madeira e do óleo essencial de candeia – *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish, da Região de Aiuruoca, MG**. 2008. 104 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

MORI, C. L. S. O. et al. Influence of altitude, age and diameter on yield and alpha-bisabolol content of candeia trees (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 339-345, July/Sept. 2009.

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Caracterização anatômica, química e física da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish). **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 451-456, out./dez. 2010.

MOURA, M. C. O. et al. Taxa de cruzamento e sistema reprodutivo em populações naturais de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 56., 2005, Curitiba. **Resumos...**Curitiba: Sociedade Brasileira de Botânica, 2005. 1 CD ROM.

NASCIMENTO, A. M. A. Synergistic bactericidal activity of *Eremanthus erythropappus* oil or b-bisabolene with ampicillin against *Staphylococcus aureus*. **Antonie van Leeuwenhoek**, Amsterdam, v. 92, p. 95-100, 2007.

OLIVEIRA, A. D. O. et al. Economic analysis of sustainable management of candeia. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 3, p. 335-345, July/Sept. 2010.

OLIVEIRA, A. D. O. et al. Market chain analysis of candeia timber (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 257-264, July/Sept. 2009.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FLUMINHAN FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 51-64, 1999.

OLIVEIRA, G. M. V. **Tamanho de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus***. 2011. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. 1 CD ROM.

OLIVEIRA, J. T. S. et. al. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

PÁDUA, J. A. R.; BRANDÃO, M. M.; CARVALHO, D. Estrutura genética de populações naturais de *Eremanthus erythropappus* (Asteraceae) no estado de

Minas Gerais. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 10., 2011, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: [s. n.], 2011. 1 CD ROM.

PÁSCOA, K. J. V. et al. Avaliação do efeito da poda na mortalidade e volumetria de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 23., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: [s. n.], 2010. 1 CD ROM.

PAULI, A.  $\alpha$ -Bisabolol from chamomile: a specific ergosterol biosynthesis inhibitor? **The International Journal of Aromatherapy**, Oxford, v. 16, n. 1, p. 21-25, 2006.

PEREIRA, A. A. S. **Nutrição e adubação de candeia**. 1998. 22 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

PERÉZ, J. F. M. et al. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish: a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 257-273, jul./dez. 2004.

PERÉZ, J. F. M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PIMENTEL, F. A. et al. A convenient method for the determination of moisture in aromatic plants. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 373-375, 2006.

PINHO, P. G. et al. Volatile composition of *Catharanthus roseus* (L.) G. don using solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Oxford, v. 49, n. 3, p. 674-685, 2009.

PIRES, B. M.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G. Crescimento de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes intensidades de desrama artificial na região de Dionísio, MG. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 21, n. 73, p. 14-22, 2002.

PULROLNIK, K.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F. **Desrama artificial de florestas plantadas de eucalipto**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2009. p. 1-34. (Documentos, 249).

RAO, B. R. R. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with cornmint (*Mentha arensis* L.f. *piperascens* Malinv. Ex Holmes). **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 16, p. 133–144, 2002.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo: E. Blücher, 1979. 296 p.

ROBBERS, J. E.; SPEEDIE, M. K.; TYLER, V. E. **Farmacognosia e farmacobiocologia**. São Paulo: Premier, 1997. 327 p.

ROCHA, T. B. et al. Avaliação de métodos de estimativa de volume para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no planalto da Conquista-BA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-13, 2010.

RONDON, E. V. produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 573-576, 2002.

SANTOS, A. S. et al. **Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 6 p. Comunicado Técnico.

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

SARFAM, INDÚSTRIA COMÉRCIO E IMPORTAÇÃO LTDA. **Alfa-bisabolol**. Disponível em: <[http://www.pukis.com.br/Sarfam/wp-content/uploads/2010/09/literatura\\_alfabisabolol.pdf](http://www.pukis.com.br/Sarfam/wp-content/uploads/2010/09/literatura_alfabisabolol.pdf)> Acesso em: 2 fev. 2012.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 87-102, jan./jun. 2004.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **O manejo da candeia nativa**. Lavras: UFLA, 2008a. 44 p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **O manejo de plantações de candeia**. Lavras: UFLA, 2008b. 27 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 561 p.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. **Inventário florestal de Minas Gerais**: equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa. Lavras: UFLA, 2008. 216 p.

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH, C. R. **Biometria florestal**: medição, volumetria e gravimetria. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 285 p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SEKI, T. et al. Antitumor effects of  $\alpha$ -bisabolol against pancreatic cancer. **Cancer Science**, Tokyo, v. 102, n. 12, p. 2199-2205, 2011.

SENATORE, F. Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of a thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in campania (Southern Italy). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 5, p. 1327-1332, 1996.

SILVA, C. P. C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SILVA, E. F. **Caracterização edáfica e fitossociológica em áreas de ocorrência natural de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip.)**. 2001. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. ver. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2004.

SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2007. 1104 p.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p. 467-495.

SMALLEY, G. W.; BAILEY, R. L. **Yield tables and stand structure for loblolly pine plantations in Tennessee, Alabama, and Georgia Highlands**. Washington: USDA, 1974. 81p. (Forest Service Research Paper SO, 96).

SOUZA, A. T. Supercritical extraction process and phase equilibrium of Candeia (*Eremanthus erythropappus*) oil using supercritical carbon dioxide. **Journal of Supercritical Fluids**, New York, v. 47, p. 182-187, 2008.

SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, p. 185-206, 2003.

SOUZA, M. F. et al. Influência do horário de coleta, orientação geográfica e dossel na produção de óleo essencial de *Cordia verbenacea* DC. **Biotemas**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 9-14, 2011.

SPRINGMANN, S.; ROGERS, R.; SPIECKER, H. Impact of artificial pruning on growth and secondary shoot development of wild cherry (*Prunus avium* L.). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, n. 3, p. 764-769, 2011.

TABANCA, N. et al. Chemical composition and antifungal activity of *Arnica longifolia*, *Aster hesperius*, and *Chrysothamnus nauseosus* essential oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 21, p. 8430-8435, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TELES, S. et al. Geographical origin and drying methodology may affect the essential oil of *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 37, n. 1, p. 247-252, 2012.

TER BRAAK, C. J. F. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173.

THE Merck Index. 12th ed. London: Chapman and Hill, 1996.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, maio/ago. 2005.



VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CARVALHO, D. Biologia reprodutiva de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (Asteraceae). In: CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2., 2009, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: [s. n.], 2009. 1 CD ROM.

VILA, R. et al. Composition and biological activity of the essential oil from leaves of *Plinia cerrocampanensis*, a new source of  $\alpha$ -bisabolol. **Bioresource Technology**, New York, v. 101, n. 7, p. 2510-2514, 2010.

VOGEL, H.; GONZÁLEZ, B.; RAZMILIC, I. Boldo (*Peumus boldus*) cultivated under different light conditions, soil humidity and plantation density. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 34, n. 1310-1312, 2011.

WANG, H. et al. Comparative seasonal variation and chemical composition of essential oils from the leaves and stems of *Schefflera heptaphylla* using microwave-assisted and conventional hydrodistillation. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 229-237, 2012.

WANG, L. et al. Variations in the components of *Osmanthus fragrans* Lour. essential oil at different stages of flowering. **Food Chemistry**, Barking, v. 114, p. 233-236, 2009.

YANG, X. et al. Chemical composition of volatile oil from *Artemisia ordosica* and its allelopathic effects on desert soil microalgae, *Palmellococcus miniatus*. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 51, p. 153-158, 2012.