

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**BORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO DE ÓLEO
ESSENCIAL DE *EUCALYPTUS CITRIODORA* E
AVALIAÇÃO DE TEOR DE CLOROFILA**

ÉRICA ALEXANDRINO FÁVARO

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2008

**BORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE
EUCALYPTUS CITRIODORA E AVALIAÇÃO DE TEOR DE
CLOROFILA**

ERICA ALEXANDRINO FÁVARO
Bióloga

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Tadeu Vitorino

Dissertação apresentada à
Universidade Federal da Grande
Dourados, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia – Produção Vegetal, para a
obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2008

**BORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO DE ÓLEO
ESSENCIAL DE *EUCALYPTUS CITRIODORA* E
AVALIAÇÃO DE TEOR DE CLOROFILA**

por

ÉRICA ALEXANDRINO FÁVARO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 27/06/2008

Prof. Dr. Antonio Carlos Tadeu
Vitorino - UFGD
(Orientador)

Prof. Dr. Omar Daniel
UFGD
(Co-orientador)

Prof. Dr. José Oscar Novelino
UFGD
(Co-orientador)

Prof^a. Dra. Elaine Reis P. Lourente
ANHANGUERA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD

634.97342 F272b	Fávaro, Érica Alexandrino Boro e magnésio na produção de óleo essencial de <i>eucalyptus citriodora</i> e avaliação de teor de clorofila. / Érica Alexandrino Fávaro. -- Dourados, MS : UFGD, 2008. 42f. Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Tadeu Vitorino Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Eucalipto – Estado nutricional. 2. Clorofila. 3. Essências e óleos essenciais. 4. Plantas – Efeito dos minerais. I. Título.
--------------------	--

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo **Vagner** que soube entender e superar bem esse período em que eu estava atarefada, porém, nunca ausente, sempre ao meu lado me dando força e ajudando.

Ao meu filho **João Augusto**, que me acompanhou nos últimos nove meses do mestrado e que acaba de chegar com muita saúde!!

A minha mãe **Terezinha** que sempre me orientou a trilhar o caminho da verdade, honestidade e, sobretudo, o respeito. Obrigada por partilhar comigo mais uma vitória.

Amo todos vocês!!!

“É preferível arriscar coisas grandiosas, alcançar triunfos e glórias, mesmo expondo-se à derrota, do que formar fila com os pobres de espírito que não gozam e nem sofrem, porque vivem na penumbra obscura e cinzenta dos que não conhecem nem a vitória, nem a derrota”.

(Paulo Nogueira de Camargo e Ody Silva, 1975)

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, minha fonte de inspiração, meu refúgio, minha fortaleza nos momentos de tribulações, que me deu força e persistência para cumprir mais uma etapa de minha vida. E a todos que, de diferentes formas, me ajudaram a crescer como pessoa e profissional.

Agradeço de forma muito especial ao meu orientador, professor Dr. Antonio Carlos Tadeu Vitorino, pela orientação, disposição, paciência, incentivos, me apoiando, dando força, sempre com palavras positivas.

Aos meus Co-orientadores Dr. Omar Daniel e Dr. José Oscar Novelino que dedicaram tempo, paciência e conhecimento, auxiliando-me nas atividades, contribuindo para o enriquecimento de minha pesquisa.

À Professora Dra. Silvana de Paula Quintao Scalon, que me auxiliou nos procedimentos de avaliação dos teores de clorofila e pela sua compreensão como coordenadora do programa de Pós-graduação nos momentos em que precisei me ausentar devido à maternidade.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos; à Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, pela estrutura e pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Agradeço a UNIDERP – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, e aos seus professores Cezesmundo Ferreira Gomes, Dr. Sílvio Fávero e sua esposa Cíntia Conte pela disponibilidade do laboratório para extração do óleo essencial de eucalipto e pelo auxílio nas atividades realizadas.

Ao professor Valdemir Antonio Laura, professor da UNIDERP e pesquisador da EMBRAPA Gado de Corte.

Agradeço a Carolina, por ter cedido solo (LVD) para realização do trabalho, Jocemar, que auxiliou no meu trabalho, a aluna de graduação Débora, Natanael Takeo e a todos os colegas do curso, que estiveram presentes dividindo os estudos e trabalhos.

A todos os professores que de alguma forma me auxiliaram durante o período e, que estive no curso de Mestrado em Agronomia, em especial professor Dr. Paulo Eduardo Degrande, pela disciplina ofertada e pela viagem a Campinas, que contribuiu muito para nossos conhecimentos, sendo realizada de uma forma planejada e organizada.

Agradeço a Deus por ter colocado em minha vida duas pessoas que inicialmente eram colegas de sala e que com o passar do tempo se tornaram grandes amigos, que ficaram guardados para sempre na memória e no coração, quando passamos por momentos difíceis grandes amigos fazem toda diferença, pois ao invés de desistir diante da dificuldade, eles nos encorajam a enfrentar e vencer. Muito obrigado Heloisa H. Gianotti e Ademar Serra.

SUMÁRIO

PÁGINA

BORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>EUCALYPTUS</i> <i>CITRIODORA</i> E TEOR DE CLOROFILA.....	i
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 O EUCALIPTO.....	5
2.2 ÓLEO ESSENCIAL DE EUCALIPTO.....	7
2.3 A IMPORTÂNCIA DE BORO NA NUTRIÇÃO DO EUCALIPTO:	9
2.4 A IMPORTÂNCIA DO MAGNÉSIO NA NUTRIÇÃO DE PLANTAS:	11
2.5 SOLOS:.....	13
2.5.1 Neossolo Quartzarênico (NQ).....	13
2.5.2 Latossolo Vermelho Distrófico (LVD)	14
2.6 TEOR DE CLOROFILA.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 ESPÉCIE VEGETAL	17
3.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO	17
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
3.4 COLETA DE FOLHAS.....	19
3.5 EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL	20
3.6 EXTRAÇÃO DE PIGMENTOS CLOROPLASTÍDICOS	21
3.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 EXPERIMENTO 1 NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ).....	24
4.1.1 Teor de clorofila em função de doses de magnésio e boro.....	24
4.1.2 Rendimentos de óleo essencial em função de doses de magnésio e boro em Neossolo Quartzarênico (NQ).....	26
4.2 EXPERIMENTO 2 LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO (LVD).....	28
4.2.1 Teor de clorofila em função de doses de magnésio e boro.....	28
4.2.2 Rendimento de óleo essencial em função de doses de boro e magnésio em Latossolo Vermelho Distrófico (LVD).....	31
5 CONCLUSÕES.....	34
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Atributos químicos dos solos realizados antes da semeadura do eucalipto.....	19
Quadro 2. Resumo das análises de variância para teor de clorofila em função de doses de boro e magnésio para o solo 1.....	25
Quadro 3. Resumo das análises de variância para rendimento de óleo em função de doses de boro e magnésio para o solo 1.....	28
Quadro 4. Resumo das análises de variância para teor de clorofila em função de doses de boro e magnésio para o solo 2.....	30
Quadro 5. Teores médios de clorofila em função das doses de boro, dentro de cada dose de magnésio.....	33
Quadro 6. Resumo das análises de variância para rendimento de óleo em função de doses de boro e magnésio para o solo 2.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura química da clorofila a e clorofila b (Streit et al, 2005).....	17
Figura 2. Disposição dos vasos (no viveiro).....	20
Figura 3. Aparelho de destilação tipo Clevenger.....	22
Figura 4. Extratos para análise de teor de clorofila.....	23
Figura 5. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado ao solo 1 (Neossolo Quartzarênico).....	26
Figura 6. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 1 (Neossolo Quartzarênico).....	27
Figura 7. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado ao solo 1 (Neossolo Quartzarênico).....	28
Figura 8. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 1 (Neossolo Quartzarênico).....	29
Figura 9. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado ao solo 2 (Latosolo Vermelho Distrófico).....	31
Figura 10. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 2 (Latosolo Vermelho Distrófico).....	32
Figura 11. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado ao solo 2 (Latosolo Vermelho Distrófico).....	34
Figura 12. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 2 (Latosolo Vermelho Distrófico).....	35

BORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *EUCALYPTUS CITRIODORA* E TEOR DE CLOROFILA

RESUMO

O *Eucalyptus citrodora* tem apresentado destacada importância na economia do país, por ser uma espécie pouco susceptível às variações edafo-climáticas, o que permite seu amplo uso para cultivo nas diversas regiões do país além de ser ótimo produtor de óleo essencial. O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos dos nutrientes boro e magnésio na produção de óleo essencial de *Eucalyptus citrodora* e no teor de clorofila. Dois experimentos foram realizados e analisados separadamente, sendo um utilizando Neossolo Quartzarênico (NQ) e outro com Latossolo Vermelho Distrófico (LVD), onde as plantas foram cultivadas em vasos de 3,5 dm³ de solo. Os experimentos foram montados em sistema fatorial 4 x 5, quatro níveis de magnésio (0,0; 0,3; 0,6 e 0,9 cmol_c dm⁻³ de Mg) e cinco níveis de boro (0,00; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg dm⁻³ de B), dispostos no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Nos primeiros 15 dias após plantio, as mudas cresceram em casa de vegetação e, seqüencialmente foram colocados em condições de luminosidade natural, onde ficaram por um período de 6 meses. Os resultados obtidos permitiram concluir que os teores de B e Mg afetaram os teores de clorofila e o rendimento de óleo em mudas de *E. citriodora*.

Palavras-chave: Eucalipto, Clorofila, Estado nutricional, óleo essencial

BORON AND MAGNESIUM IN THE ESSENTIAL OIL PRODUCTION OF *EUCALYPTUS CITRIODORA* AND CHLOROPHYLL CONTENT

ABSTRACT

The *Eucalyptus citrodora* has presented detached importance in the economy of the country, for being a few susceptible species to the edafo-climatic variations, what it allows its ample use for culture in the diverse regions of the country beyond being excellent essential oil producer. The present work had as objective to study the effect of the nutrients boron and magnesium in the essential oil production of *Eucalyptus citrodora* e in the chlorophyll content. Two experiments had been carried through and analyzed separately, being one using Neossolo Quartzarênico (NQ) and another with Latossolo Vermelho Distrófico (LVD), where the plants had been cultivated in 3,5 vases of dm^3 of ground. The experiments had been mounted in factorial system 4×5 , four magnesium levels (0,0; 0,3; 0,6 and 0,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ of Mg) and five boron levels (0,00; 0,25; 0,50; 0,75 and 1,00 mg dm^{-3} of B), made use in the delineation block-type randomic with four repetitions. In first the 15 days after plantation, the changes had grown in greenhouse and, had been sequentially placed in conditions of natural luminosity, where they had been for a period of 6 months. From the obtained results we can conclude that the texts of B and Mg had affected chlorophyll content and the essential oil production in seedlings of *E. citriodora*.

keywords: Eucalyptus, Chlorophyll, Nutritional status, Essential oil

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado, caracterizado como uma vegetação de savana na classificação internacional constitui a segunda maior formação vegetal brasileira em extensão, sendo a primeira, a Floresta Amazônica. Esse bioma se estendia originalmente por uma área de 2 milhões de quilômetros quadrados, representando aproximadamente 20% do território nacional (MEIRA NETO, 2002).

A paisagem do Cerrado apresenta uma crescente área sujeita a impactos variados. Tais interferências promovem sua grande fragmentação, fato muitas vezes ligado à expansão agrícola e crescimento populacional. Cole (1960) e Eiten (1972), afirmaram que fatores edáficos, principalmente os relacionados à disponibilidade de nutrientes, além do fogo e da intervenção humana, determinam as diferentes fitofisionomias da vegetação do Cerrado. Existe grande biodiversidade no Cerrado, sendo o número de espécies nele encontradas superior ao da maioria das regiões do mundo, fato que contribui para uma grande diversidade de ambientes. Levantamentos florísticos realizados nesse bioma confirmam essa grande biodiversidade, e atestam que em toda a sua extensão ocorre contínua variação na composição florística (RATTER et al., 2000).

Ainda são inúmeras as áreas em unidades de conservação com vegetação de Cerrado sem informações a respeito de sua composição e estrutura, fato que desperta a necessidade de conservá-lo e desenvolver métodos para seu uso sustentável (SAPORETTI JR. et al., 2003).

Tamanha diversidade biológica e fitofisionômica é também encontrada nas áreas com vegetação remanescentes de Cerrado em algumas regiões do Estado de Mato Grosso do Sul, de forma semelhantes ao que se observa em outros estados da união. No entanto, a pressão exercida pela ação do homem, por meio da expansão da agropecuária e a busca de cultivos que gerem energia, vem promovendo uma redução gradativa de sua área original. Nesse sentido, o cultivo de espécies que possam, além de fornecer madeira e energia, promover crescimento econômico sustentável à região tem sido priorizado. Uma das espécies que vem sendo introduzida como alternativa e, cultivada em grandes áreas para reflorestamento destinado a diversos fins é o eucalipto.

O Brasil tem hoje a maior área plantada de *Eucalyptus* do mundo, sendo mais de 3 milhões de hectares, e sua introdução em maior escala surgiu com a Lei dos Incentivos Fiscais. Características do seu cultivo como seu rápido crescimento, aplicabilidade de sua madeira para diversos fins, fácil adaptação às mais diferentes condições de clima e solo, fazem do eucalipto uma alternativa racional contra a devastação das florestas nativas (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2008).

Dessa forma esses reflorestamentos proporcionam importantes benefícios, como o de diminuir a pressão exaustiva sobre reservas nativas (ALMEIDA et al., 1987).

Enquanto algumas espécies são utilizadas para a produção de celulose, carvão, lenha, postes, laminados (MDF, compensados), outras espécies apresentam potencial para outros fins, como é o caso da extração de óleos essenciais para fabricação de produtos de limpeza, alimentos, cosméticos, farmacêuticos e medicinais. Essas espécies, por ampliarem as chances de exploração econômica, poderão ser incorporadas a sistemas de produção de menores áreas, tornando-se atrativas em agricultura familiar ou modelos de exploração diferentes daqueles praticados pelas grandes reflorestadoras (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2008).

Entre as espécies, o *Eucalyptus citriodora* tem apresentado destacada importância na economia do país, por ser uma espécie pouco susceptível às variações edafo-climáticas, o que permite seu amplo uso para cultivo nas diversas regiões do país além de ser ótimo produtor de óleo essencial (MATOS, 2006). Sob o ponto de vista da sua composição química, qualitativa e quantitativamente, os óleos essenciais de eucalipto são misturas, mais ou menos complexas, e variam com as espécies, genética, tipo e idade da folha, condições ambientais (clima, solo, luz, calor, umidade) e processo de extração. Predominam nesses óleos os hidrocarbonetos terpênicos, derivados do isopreno (DORAN, 1991).

O interesse do homem pelos óleos essenciais está baseado na possibilidade de obtenção de compostos aromáticos, os quais, de uma forma ou de outra, fazem parte do nosso cotidiano. Os óleos essenciais provenientes do eucalipto ocorrem, principalmente, nas folhas, onde são produzidos em pequenas glândulas. Estas se encontram distribuídas em todo o parênquima foliar da maioria das espécies de eucalipto (VITTI e BRITO, 2003).

A origem biossintética dos óleos relaciona-se com o metabolismo secundário das plantas que está ligado à capacidade de adaptação das mesmas às condições do meio em

que vivem. Sabe-se que o primeiro investimento de carbono é utilizado no metabolismo primário, mas sob stress ambiental a planta utiliza saldo de carbono para produção de metabólitos secundários. Estes metabólitos secundários defendem os vegetais contra ataque de herbívoros e patógenos, ou até mesmo servem como atrativos para polinizadores e dispersores de sementes. No caso do eucalipto, especificamente, as referências indicam que a ocorrência do óleo essencial estaria relacionada com a defesa da planta contra insetos e resistência ao frio, havendo no eucalipto, a necessidade de estudos comprobatórios que relacionem a ocorrência do óleo com tais condições adversas do meio (DORAN, 1991).

Para as plantas ativarem esses mecanismos de defesa, elas têm um custo fisiológico, que exige a alocação de energia e carbono que, dependendo da fase da cultura, pode causar prejuízos à produtividade (VALLAD e GOODMAN 2004).

No Brasil, são poucas as indústrias envolvidas na obtenção de óleos essenciais de folhas de eucalipto. Algumas empresas, localizadas principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais ainda processam folhas de *E. citriodora*, mas o mercado tem sido pouco atraente, em função da grande oferta de óleos no mercado internacional, reduzindo significativamente os preços, especialmente onde a China lidera (SILVA-SANTOS, 2002).

É de se esperar que plantas adequadamente nutridas, crescendo em ambiente favorável, devam apresentar um bom desempenho na produção de óleo, sendo de grande importância o entendimento da participação dos nutrientes nesse processo. Dessa forma, alguns macro e micronutrientes são de extrema importância para que o eucalipto tenha um bom desenvolvimento e produção de madeira e nesse contexto, o boro (B), que atua no crescimento meristemático das plantas, destaca-se como sendo um dos nutrientes que mais limitam o crescimento e desenvolvimento do eucalipto. Este elemento é um dos que com maior frequência, limita a produção agrícola. A sua importância na produção está relacionada não somente à sua falta, mas também ao seu excesso, pois a quantidade que separa a toxidez e a deficiência do B na planta é muito pequena e interfere no desenvolvimento da planta, conseqüentemente havendo diminuição da quantidade de folhas e baixa produção de óleo, uma vez que uma está relacionada à outra (SILVEIRA, 1996).

Em estudos realizados por Goldbach et al. (2007), encontram-se relatos que a deficiência de boro (B) também pode afetar indiretamente o processo de fotossíntese.

Em se tratando da produção de óleos a partir de plantas aromáticas, de maneira geral são raros os trabalhos encontrados na literatura que relacionem os efeitos dos nutrientes sobre a produção de óleos (MAFFEIS et al., 2000). Quanto ao eucalipto especificamente, relatos de Siveira (1996) e de Maffeis et al. (2000) indicam a redução na produção de citrionelal em condições de deficiência de B.

Para Santos (1997) a necessidade de nutrir adequadamente uma planta para que ela cresça e se desenvolva é conhecida e aceita há muito tempo, porém muitos mecanismos desse processo ainda precisam ser elucidados. O tamanho final de uma folha é determinado pelo número de células primordiais, taxa de divisão celular, duração da fase de divisão celular e tamanho das células maduras e tudo isso varia conforme a planta e o estado de nutrição dela.

Além do boro (B) outro elemento que tende a se mostrar importante na produção de óleo em eucalipto é o magnésio (Mg). Um Trabalho realizado por Maffeis et al. (2000), sobre deficiências de macronutrientes e boro (B) na produção de óleo, os autores perceberam que as plantas cultivadas na omissão do macronutriente Mg apresentaram maior produção de óleo, necessitando então de mais estudos sobre este nutriente em relação a produção de óleo em *eucalyptus*. Segundo Pereira (2001), a carência de resultados envolvendo a avaliação do crescimento de folhas em função de potássio e magnésio, é um fato marcante na literatura.

Desse modo o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos de doses de boro (B) e magnésio (Mg) na produção de óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* e no teor de clorofila.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Eucalipto

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas, tais como Flores, Alor e Wetar. O gênero eucalipto foi introduzido no

Brasil na segunda metade do século XIX, com o objetivo de ser aplicado na produção de dormentes para as linhas férreas que se instalavam no País (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA, 2008).

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, com cerca de 600 espécies e sub-espécies e apresenta ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando aquelas das regiões de origem, sendo que menos de 20 espécies são utilizadas para extração de óleo (SANTOS et al., 2001).

O Brasil obteve a partir do início do século XX, conquistas importantes relacionadas à introdução de espécies de eucalipto, efetuadas por Albert Löfgren, o primeiro diretor do Instituto Florestal de São Paulo. O País obteve avanços de ordem tecnológica de tal magnitude, que nenhuma nação do planeta consegue competir com o Brasil em relação ao eucalipto, a espécie mais difundida mundialmente. Não se pode perder a oportunidade de dar maior ênfase às conquistas alcançadas pelo Brasil com o eucalipto, ampliando seu uso, conquistando novos mercados e, sobretudo, possibilitando ao pequeno e médio proprietário condições de se integrar ao processo produtivo (KRONKA, 2007).

Atualmente, tais florestas de eucalipto são trabalhadas levando-se em consideração benefícios de ordem social e ambiental, não somente se baseando em simples contabilidade, que procura unicamente valorizar a madeira cortada, seu manejo utiliza práticas e técnicas que buscam equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a perpetuidade dos recursos naturais. O eucalipto fornece produtos tão bons e diversificados, que não se pode permitir tentar obtê-los explorando matas nativas, colocando em risco os serviços ambientais de valor inestimável prestados à sociedade

pelos ecossistemas naturais. Para reduzir a pressão sobre as florestas nativas uma alternativa seria um amplo plantio de florestas altamente produtivas e de rápido crescimento visando seu uso múltiplo, com produtos de maior valor agregado (KRONKA, 2007; REMADE, 2008).

O abastecimento industrial tem sido assegurado pelo aumento da produtividade das florestas plantadas, que no Brasil, é dez vezes superior à dos demais líderes mundiais, sendo a silvicultura nacional reconhecida como uma das mais evoluídas. Faz-se necessário, no entanto, debates sobre o sistema silvicultural para o eucalipto. Há necessidade de que sejam avaliados plantios com espaçamentos iniciais mais amplos, com corte final aos 12 a 15 anos, com a execução de desramas e desbastes. Com rotações mais longas as árvores produziriam toras de maior valor. No entanto, o Brasil ocupa o nono lugar entre os países exportadores de madeira serrada (REMADE, 2008).

O eucalipto, cultivado principalmente como essência florestal e para produção de madeira, constitui-se também numa importante fonte produtora de óleos essenciais no Brasil, levando o país a ser um dos principais produtores mundiais (MAFFEIS et al., 2000). Seu óleo essencial é importante para uso na indústria farmacêutica, alimentícia e de perfumaria (SILVA et al., 2007).

Segundo Galanti (1987), seriam três as espécies mais usadas para produção de óleo no Brasil: *E. citriodora*, *E. globulus* e o *E. staigeriana*. onde, apenas, o *E. citriodora* e *E. globulus* apresentam importância econômica. A segunda espécie é cultivada em menor intensidade, pois tem seu valor comercial estritamente ligado à produção de óleo essencial. O *E. citriodora*, por sua vez, possui maior versatilidade, assumindo portanto, papel de maior importância no cultivo da espécie visando a obtenção de óleo.

O *Eucalyptus citriodora* é uma espécie florestal muito utilizada no Brasil onde sua grande disseminação no país é devido, sobretudo, às suas satisfatórias características silviculturais e tecnológicas, tais como a boa adaptação da espécie às diferentes regiões brasileiras, a alta densidade básica da madeira, o bom incremento volumétrico, a boa forma do fuste, a excelente capacidade de brotação, além de ser grande produtora de óleo essencial, encontrado principalmente nas suas folhas, cujo componente principal é o citronelal (XAVIER, 1993; VITTI e BRITTO, 1999).

Considerando então a sua importância, estudos sobre adubação em eucalipto são desenvolvidos tendo em vista que solos utilizados para este cultivo são de baixa fertilidade natural (OLIVEIRA et al., 1996).

A necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento, sendo essencial a aplicação de fertilizantes para o suprimento das exigências do eucalipto, principalmente em solos do Cerrado (OLIVEIRA e BUZETTI, 1997).

2.2 Óleo essencial de Eucalipto

O conhecimento sobre óleos essenciais de plantas data desde alguns séculos antes da era cristã. Os óleos essenciais, também conhecidos como óleos voláteis, ou simplesmente essências, são definidos pela International Standard Organization (ISO) como produtos obtidos de partes de plantas por diferentes técnicas, sendo a mais utilizada à destilação por arraste a vapor (DORAN, 1991).

Muitos desses compostos são obtidos atualmente de maneira sintética, por razões econômicas, por dificuldade de continuidade da obtenção de plantas produtoras, bem como pelo interesse de obtenção de novos compostos aromáticos. Contudo, a crescente busca pelo naturalismo tem feito crescer a demanda por produtos originais, obtidos diretamente das plantas. Além do mais, há dificuldades para que os aromas sintéticos se aproximem da perfeição dos aromas naturais (VITTI e BRITO, 2003).

Os óleos essenciais são denominados metabólitos secundários nos vegetais, onde estes compostos parecem não ter função direta no seu crescimento e desenvolvimento. Os metabólitos secundários diferem dos primários (fotossíntese, respiração, transporte de soluto, translocação, síntese de proteínas, assimilação de nutrientes, síntese de carboidratos, proteínas e lipídeos, entre outras), por apresentarem distribuição restrita no reino vegetal, ou seja, os metabólitos secundários são específicos, enquanto que os metabólitos primários são encontrados em todo reino vegetal (TAIZ e ZIEGLER, 2004).

De acordo com Simões e Spitzer (1999), os óleos essenciais são geralmente produzidos por estruturas secretoras especializadas, tais como: pêlos glandulares, células parenquimáticas diferenciadas, canais oleíferos ou em bolsas específicas. Tais estruturas podem estar localizadas em algumas partes específicas ou em toda a planta.

Os óleos das folhas de eucalipto são formados por uma complexa mistura de componentes, envolvendo de 50 a mais de 100 compostos orgânicos voláteis, dentre os

quais se destacam hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos e ésteres. Embora quimicamente não apresentem a mesma constituição, os óleos essenciais de eucalipto encerram um grande número de propriedades físicas e químicas comuns. São solúveis no álcool, no éter, no éter de petróleo, benzeno e nos solventes orgânicos, são praticamente insolúveis em água, são voláteis e destilam pelo arraste a vapor. Os óleos são menos densos que a água, os óleos fervem a temperaturas superiores a 1000 °C e apresentam colorações diversas, segundo a espécie, grau de umidade das folhas e idade da planta e cuja aplicação depende de sua composição (DORAN, 1991).

A técnica de arraste a vapor, que tem por finalidade separar a parte volátil do óleo essencial da massa restante não volátil que permanece nas partes da plantas, consiste em utilizar um destilador, adicionando uma mistura do material e uma porção de água, elevando-se a temperatura até atingir a ebulição, onde o vapor vai arrastar o óleo contido nas glândulas, que passando pelo condensador, vai se condensar e ser recuperado num separador. Como o óleo é mais leve, ele vai se posicionar na parte superior. A água, sendo mais pesada, vai retornar para ser novamente condensada (MATOS, 2006).

Para obtenção dos óleos essenciais o método de destilação por arraste a vapor é o mais utilizado e oferece resultados satisfatórios. A utilização do método é dependente da matéria prima (folha, flor, fruto, semente, casca e raiz). No caso de eucalipto a parte mais usada é a folha e terminais de galhos (LIMA e OLIVEIRA, 2003).

O produto da destilação das folhas de *Eucalyptus citriodora*, de odor agradável, conhecido por citronelal ou simplesmente citronela, é um insumo de grande demanda no mercado, entrando na composição de produtos como aromatizantes, sabonetes, cremes dentais, detergentes, balas, perfumes, desodorizantes, desinfetantes, cêras, sachês, inseticidas (TAIZ e ZIEGLER, 2004).

Com relação ao óleo, os rendimentos variam de 1 a 1,6%, ou seja, a cada tonelada de biomassa foliar destilada pode-se extrair de 10 a 16 kg de óleo. No óleo bruto a concentração do seu principal componente, o citronelal, varia de 65 a 85%. No Brasil o óleo de *E. citriodora* é comercializado bruto, ou então, tendo como base o percentual de citronelal, podendo-se ainda obter dele o citronelol, o hidroxicitronela e o mentol. Os consumidores finais do óleo essencial de eucalipto são as indústrias químicas, farmacêuticas, cosméticas, alimentícia e saunas (BOLAND et al., 1994).

Os três pontos mais importantes a serem considerados, especialmente nos plantios com a finalidade de exploração das folhas para a produção de óleo essencial

são: a quantidade de massa foliar por árvore; o rendimento de óleo por quilograma de folha e a composição química de óleo (EUCALIPTO, 2003).

São raros os trabalhos na literatura relacionando os efeitos dos nutrientes sobre a produção de óleos em plantas aromáticas, e a maioria dos dados existentes não se referem ao eucalipto. Junqueira (1993) e Maia (1994), por exemplo, estudaram o efeito da deficiência nutricional na produção e qualidade do óleo essencial da citronela de java (*Cymbopogon winterianus*) e da menta (*Mentha arvensis*), respectivamente. Maffeis et al. (2000) observaram que a omissão de N e de K reduziu a produção de óleo essencial em menta e citronela de java.

Segundo Baloni, (1978), o uso de fertilizantes minerais nos plantios florestais, em solos de Cerrados, proporcionam um significativo aumento na produção de folhas e madeira. Sendo considerado nutriente aquele elemento químico que tem um papel específico no metabolismo das plantas, sendo que o elemento participa de algum composto ou alguma reação, sem o qual a planta não vive; além disso, na ausência do elemento a planta não completa seu ciclo de vida. O nutriente não pode ser substituído por outro elemento e tem efeito direto na vida da planta (MALAVOLTA et al.,1997).

As pesquisas em adubação e nutrição florestal têm assumido papel importante na avaliação de exigências nutricionais de espécies florestais, os quais têm tido o objetivo de utilizar adequadamente os fertilizantes, em função das exigências nutricionais das plantas. Na cultura de eucalipto, especificamente *E. citriodora*, um nutriente de grande importância para um bom crescimento e desenvolvimento da cultura é o boro, pois sua falta ou seu excesso causa danos a cultura. Yamada (2000) constataram que na deficiência de boro as plantas apresentaram redução no crescimento, diminuição do diâmetro e menor biomassa foliar.

2.3 A importância de Boro na nutrição do eucalipto:

Apesar do papel fisiológico desse nutriente ainda não estar totalmente entendido, sabe-se, entretanto que apresenta algumas funções na planta como, formação da parede celular (mudança na composição química e estrutura da parede celular), atua na síntese dos componentes, como a pectina, a celulose e inibição da síntese de lignina, estímulo da atividade da oxidase do AIA, diminuição do AIA difusível através da membrana plasmática (redução do crescimento). Os efeitos citados resultam em mudanças fisiológicas e morfológicas, na interface entre a parede celular e a membrana plasmática devido a inibição de enzimas na membrana plasmática e outros processos na absorção iônica, com menor taxa de absorção e inibição da elongação. (MARSCHNER, 1995; MORAES et al., 2002).

De maneira geral o B é imóvel no floema, com exceções das plantas que produzem polióis – como sorbitol, manitol, dulcitol – que complexam o boro, tornando-o móvel no floema (YAMADA, 2000).

As pesquisas em adubação e nutrição florestal têm assumido papel importante na descoberta de exigências nutricionais dos materiais genéticos (espécies, procedências, famílias ou clones) utilizados pelas empresas do setor florestal. Os estudos em nutrição mineral vêm sendo realizados no intuito de utilizar de forma adequada os fertilizantes em função das exigências nutricionais das plantas. A otimização da produção florestal é resultado das pesquisas de melhoramento genético, bem como do uso de fertilizantes, outros insumos, cultivo mínimo e equipamentos adequados que visam melhor aproveitamento dos nutrientes no ecossistema. Os solos destinados às culturas florestais são geralmente de baixa fertilidade natural, tendo como limitação alguns nutrientes como o fósforo, o potássio e principalmente, o boro (GONÇALVES e VALERI, 2001).

Os sintomas de deficiência e de toxidez desse nutriente estão restritos a sua mobilidade, considerada baixa ou muito limitada no floema (SILVEIRA et al., 2004).

Yamada (2000) ressaltou que para um bom desenvolvimento das plantas de eucalipto, se faz necessária a adubação adequada com boro, sendo esse nutriente essencial para o crescimento da parte aérea e especificamente do sistema radicular das plantas.

O boro assimilável pela planta é quase que totalmente originado da mineralização da matéria orgânica, sendo outra pequena fração, produto de intemperização dos minerais do solo (YNAMA e PRIMAVESI, 1973).

Silveira et al. (2004) observaram, em trabalhos onde não se adicionou boro, que as plantas apresentaram menor crescimento em altura e menor produção de folhas.

Segundo Moraes et al. (2002), na deficiência de boro, ocorre redução da síntese de pectina e lignina, tornando mais finas as paredes das células do lenho, o que acarreta num menor crescimento das plantas.

Maffeis et al. (1996) pesquisaram sobre a omissão de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S e B) em *E. citriodora* e os resultados permitiram concluir que as omissões de N e de B foram as que mais afetaram as plantas em termos de crescimento, produção de folhas e principalmente rendimento de óleo essencial, uma vez que o rendimento do óleo está relacionado com a produção de folhas.

2.4 A importância do Magnésio na nutrição de plantas:

O papel mais conhecido do magnésio (Mg) na vida das plantas é na constituição da molécula de clorofila. Além disso, tem grande ação como ativador de muitas enzimas. As plantas absorvem magnésio como Mg^{2+} . O magnésio é móvel no floema, de modo que os sintomas típicos de carência (clorose internerval) começam a aparecer nas lâminas de folhas maduras (MALAVOLTA et al., 1997).

Grande parte do Mg da planta encontra-se na forma solúvel, por isso é facilmente redistribuído. Esse nutriente também se acha relacionado com o transporte de carboidratos na planta. O baixo conteúdo de carboidratos observados em algumas plantas é devido à baixa atividade fotossintética resultante de insuficiente suprimento de magnésio (PEREIRA, 2001). Ele se concentra mais nas folhas e acumula-se nas partes em crescimento do caule e das raízes (COELHO e VERLENGIA, 1973).

A absorção do magnésio pode ser via radicular, na forma química presente na solução do solo, ou seja, Mg^{2+} sendo o contato íon-raiz por fluxo de massa e o mecanismo passivo. O Mg^{2+} possui o sinergismo com o $H_2PO_4^-$, melhorando sua absorção, e sofre inibição pelos cátions, Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ e Mn^{2+} , em pH baixo sofre interferência do H^+ no momento da absorção. Esta pode ocorrer também via foliar, quando aplicado na forma do adubo $MgSO_4$, por ser uma fonte altamente solúvel, e com preço acessível ao produtor. Há, porém no mercado, outras fontes como o $Mg(NO_3)_2$, $MgCl_2$ e fontes quelatizadas.

Na planta a principal função do Mg é compor a molécula de clorofila, onde cerca de 10% do Mg total da folha está na clorofila, cujo peso representa 2,7%. O restante do Mg^{2+} está envolvido com a ativação enzimática dentro da célula, em quantidades semelhantes à ativação enzimática proporcionada pelo K^+ (GRASSI FILHO, 2008).

Outra importante função deste macronutriente é a ativação enzimática, ativando mais enzimas do que qualquer outro elemento. Neste caso, o papel principal do Mg é o de co-fator de quase todas as enzimas fosforilativas, formando uma ponte entre o pirofosfato do ATP ou do ADP e a molécula da enzima. A transferência de energia desses dois compostos é fundamental nos processos de fotossíntese, respiração, reação de síntese de compostos orgânicos (carboidratos, lipídeos, proteínas), absorção iônica e trabalho mecânico executado pela planta (MAFFEIS et al., 2000).

De acordo com Malavolta (1997), a deficiência do magnésio geralmente ocorre sob condições onde a deficiência de cálcio também é um problema. A baixa disponibilidade de magnésio no solo pode ser observada principalmente nas regiões de solo sob Cerrado, onde 90% das áreas têm solo com baixa disponibilidade deste elemento.

O magnésio não é um elemento normalmente empregado nas adubações. Porém, seu suprimento tem sido feito por meio da calagem com calcários dolomíticos e magnesianos (RAIJ, 1991).

Gomide (1997), testou calagem (rica em Mg) e doses de fósforo no estabelecimento e na produção do capim-Colonião no Cerrado. Verificaram aumentos da concentração de magnésio na parte aérea da planta. Pereira (2001) relata também que estudando efeitos das doses de magnésio em experimento com solução nutritiva, no rendimento de massa seca e distribuição da produção da parte aérea de plantas forrageiras, constatou que o magnésio influi significativamente. Devido a este nutriente participar da produção de parte aérea de plantas, pode estar intimamente relacionado com a produção de óleo.

Maffeis et al. (2000), realizou um trabalho sobre deficiências de macronutrientes e boro (B) no crescimento de plantas de eucalipto e produção de óleo, onde ele cita que na ausência de Mg as plantas de eucalipto reduziram o crescimento em altura, porém sem afetar a produção de folhas. As concentrações foliares analisadas de alguns macronutrientes, inclusive Mg e B, obtidas no experimento estavam abaixo da faixa proposta como adequada para o gênero *Eucalyptus* (MALAVOLTA et al., 1997). Os autores afirmam ainda que apesar de não ter havido diferença significativa, pode-se

perceber que as plantas cultivadas na omissão do Mg apresentaram maior produção de óleo, necessitando então de mais estudos sobre este nutriente em relação a produção de óleo em *eucalyptus*.

2.5 Solos:

O conhecimento do solo auxilia na previsão do potencial produtivo das culturas e contribui para conhecer as razões pelas quais estas se desenvolvem melhor em determinado local em comparação a outro sob as mesmas condições agrometeorológicas e de manejo.

Na implantação de rede de experimentação, procuram-se contemplar os solos representativos da região, para que seja possível a extrapolação dos resultados para o campo (IAC, 2008).

2.5.1 Neossolo Quartzarênico (NQ)

Os Neossolos Quartzarênicos (NQ) ocupam 15% da área do Cerrado brasileiro. Em geral, são solos originários de depósitos arenosos, apresentando textura areia ao longo de pelo menos 2 m de profundidade. Esses solos são constituídos especialmente de grãos de quartzo, sendo praticamente destituídos de minerais primários poucos resistentes ao intemperismo. Os poucos nutrientes que existem nos NQ estão concentrados na matéria orgânica. A única diferença entre os horizontes destes solos é devida a presença de matéria orgânica nos primeiros 10 ou 15 cm. O horizonte A é seguido diretamente pelo horizonte C, já que o alto teor de areia não permite formação do horizonte B (DCS/UFLA, 2008).

Os Neossolos Quartzarênicos são considerados solos de baixa aptidão agrícola. O uso contínuo de culturas anuais pode levá-los rapidamente à degradação. Práticas de manejo que mantenham ou aumentem os teores de matéria orgânica podem reduzir esse problema. No Cerrado, os Neossolos Quartzarênicos estão relacionados a depósitos

arenosos de cobertura. Em relevo mais movimentado, esses solos não permanecem estáveis (EMBRAPA, 2008).

2.5.2 Latossolo Vermelho Distrófico (LVD)

São formados por um processo denominado de latolização que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , etc), após transformação dos minerais primários constituintes, apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. São solos com alta permeabilidade a água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade.

Os latossolos são muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível extremamente baixo. A fração argila dos latossolos é composta principalmente por caulinita, óxidos de ferro (goethita e hematita) e óxidos de alumínio (gibbsita). São solos minerais não-hidromoráficos, profundos (normalmente superiores a 2m), horizontes B muito espesso (>50 cm) com seqüência de horizontes A, B e C, as cores geralmente escuras no A, vivas no B e mais claras no C. A sílica (SiO_2) e as bases tocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agregantes, dando a massa do solo aspecto maciço e poroso, apresentam estrutura granular muito pequena, são maciços quando secos e altamente friáveis quando úmidos (EMBRAPA, 2008).

2.6 Teor de clorofila

O nome clorofila foi proposto por Pelletier e Caventou, em 1818, para designar a substância verde que pode ser extraída das folhas com o auxílio do álcool. Atualmente

os pigmentos clorofilianos são de grande importância comercial, podendo ser utilizados tanto como pigmentos quanto como antioxidantes. As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais (VON ELBE, 2000).

O que se observa no reino vegetal, quanto à coloração típica da parte vegetativa é a predominância da coloração verde, fundamentada pela presença da clorofila. Errôneo seria pensar que nestes vegetais, ocorresse apenas a presença dos pigmentos clorofilianos. Na realidade, ocorre o mascaramento de outros pigmentos, como os carotenóides, pela clorofila ou, às vezes, da clorofila por outros pigmentos. A clorofila é um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e adaptabilidade aos diversos ambientes (CARVALHO, 1996).

Somente após a produção das clorofilas é que ocorre a fotossíntese. A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas sintetizam compostos orgânicos a partir de matéria prima inorgânica, na presença de luz solar. Assim, a energia luminosa é convertida em energia química, que acaba sendo armazenada sob forma de carboidratos e outros constituintes dos tecidos vegetais, sendo liberado oxigênio como resíduo (WHATLEY e WHATLEY, 1982).

Plantas com deficiência de clorofila apresentam-se atrofiadas e as folhas revelam coloração entre verde pálido e amarela, sendo que estes sintomas se iniciam pelas folhas mais velhas (OLIVEIRA et al., 1996).

Os pigmentos fotossintéticos presentes nos vegetais e a sua abundância, variam de acordo com a espécie vegetal. A clorofila *a* (Chl *a*) está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica. As bactérias fotossintetizantes são desprovidas de clorofila *a* e possui em seu lugar a bacterioclorofila como pigmento fotossintético. A Chl *a* é o pigmento utilizado para realizar a fase fotoquímica (o primeiro estágio do processo fotossintético), enquanto que os demais pigmentos auxiliam na absorção de luz e na transferência da energia radiante para os centros de reação, sendo assim chamados de pigmentos acessórios. Os principais pigmentos acessórios também incluem outros tipos de clorofilas: Chl *b*, presente em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias; Chl *c*, em feófitas e diatomáceas; e Chl *d*, em algas vermelhas (TAIZ e ZIEGER, 2004).

As clorofilas são moléculas formadas por complexos derivados da porfirina, tendo como átomo central o magnésio (Figura 1), que é uma estrutura macrocíclica assimétrica totalmente insaturada constituída por quatro anéis de pirrol. Esses anéis

numeram-se de 1 a 4 ou de “a” a “d”, de acordo com o sistema de numeração de Fisher. As clorofilas a e b encontram-se na natureza numa proporção de 3:1, respectivamente, e diferem nos substituintes de carbono C-3. Na clorofila *a*, o anel de porfirina contém um grupo metil (-CH₃) no C-3 e a clorofila *b* (considerada um pigmento acessório) contém um grupo aldeído (-CHO), que substitui o grupo metil-CH₃. A estabilidade da clorofila *b* deve-se ao efeito atrativo de elétrons de seu grupo aldeído no C-3. A clorofila *b* é sintetizada por meio da oxidação do grupo metil da clorofila *a* para um grupo aldeído. No entanto, muitos estudos têm sido realizados para elucidar a biossíntese da clorofila *b*, mas as rotas para a sua formação ou das proteínas envolvidas ainda não foram elucidadas. A clorofila *b* é convertida em clorofila *a* através de uma enzima chamada clorofila *a* oxigenase, que catalisa a conversão do grupo metil ao grupo aldeído (VON ELBE, 2000). A estrutura química da clorofila está representada na Figura 1.

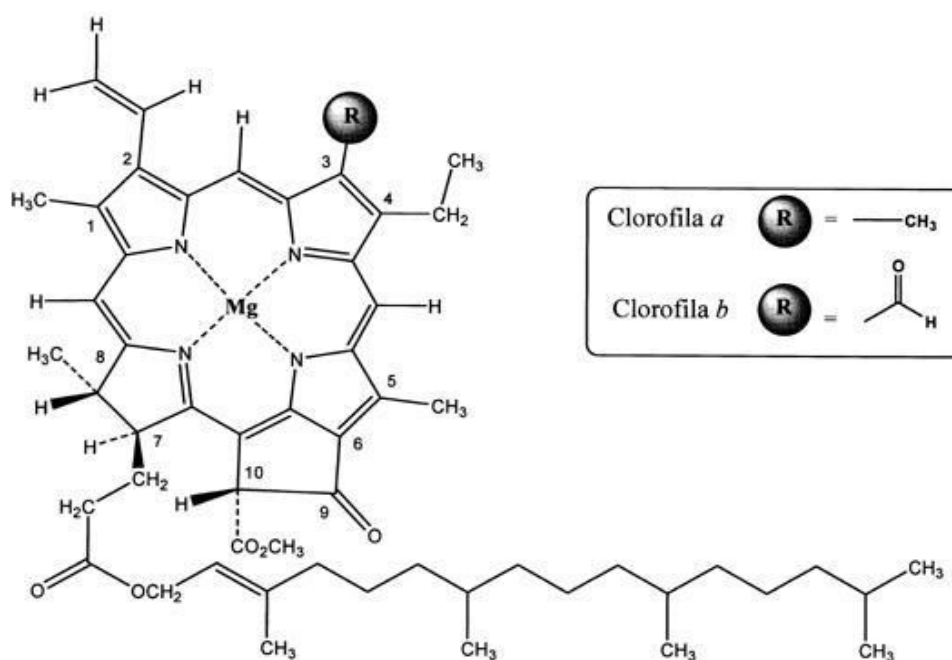


Figura 1- Estrutura química da clorofila a e clorofila b (STREIT et al., 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Espécie Vegetal

A espécie em estudo está classificada no Reino: Plantae; Família: Myrtaceae; Gênero: *Eucalyptus*; Espécie: *Eucalyptus citriodora* (CRONQUIST 1988). As sementes utilizadas foram cedidas pela SODEF, provenientes da IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais).

3.2 Localização e caracterização do local do experimento

Os experimentos foram implantados no viveiro florestal da SODEF (Sociedade de Desenvolvimento Florestal Ltda), rodovia BR 163 Km 263, Chácara Califórnia em Dourados – MS.

As coordenadas geográficas do local são: Latitude 22°11' S Longitude 54°55'W com uma altitude de 459 m. O clima da região, segundo classificação de Köpen, é do tipo Cwa, de amplitude térmica extremamente variada durante o ano e precipitação anual média de 1400 mm (EMBRAPA, 1999).

O experimento foi realizado, no período de dezembro de 2006 a junho de 2007. Foram realizados dois experimentos em vasos, com capacidade para 3,5 dm³ de solo, sendo cada vaso considerado como uma parcela experimental.

No experimento 1 foi utilizado um Neossolo Quartzarênico, sob vegetação natural de Cerrado, coletado no município de Jatei-MS.

O experimento 2 foi utilizado um Latossolo Vermelho Distrófico, textura média, coletado em uma área no município de Antônio João-MS. O solo foi coletado no horizonte A na profundidade de 0–20 cm. As amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malhas de 2mm de abertura, homogeneizadas e acondicionadas em sacos plásticos.

Sub-amostras destes materiais foram submetidas às análises químicas no Laboratório de Fertilidade de Solos da FCA/UFMG, utilizando a metodologia proposta por EMBRAPA (1997), cujos resultados dessas determinações são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Atributos químicos dos solos realizada antes da semeadura do eucalipto.

Amost.	Al	Ca	Mg	K	T	V	P Mehlich	M.Org.	pH	pH
	(mmolc dm ³)					(%)	(mg dm ³)	(g dm ³)	CaCl ₂	Água
1	1,8	7,3	2,7	0,9	36,9	29	5	39,3	4,5	5,7
2	5,5	5,0	2,7	3,6	58,3	19	5	15,6	4,3	5,5

(1) NQ - Neossolo Quartzarênico e (2) LVD - Latossolo Vermelho Distrófico.

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições seguindo o sistema fatorial 4 x 5, utilizando-se quatro níveis de magnésio (0,0; 0,3; 0,6 e 0,9 cmolc dm⁻³ de Mg) e cinco níveis de boro (0,00; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg dm⁻³ de B), totalizando oitenta parcelas em cada experimento (cada solo) e cento e sessenta parcelas no total (Figura 2).

Com exceção de B e Mg que foram os tratamentos, cada vaso (parcela) recebeu uma adubação básica com macro e micronutrientes, seguindo orientação de Novais et al. (1991).

As doses de B e Mg foram adicionadas por meio de soluções (as fontes utilizadas foram H₃BO₃ e MgCl₂.6H₂O). Uma vez realizadas as adubações, o material foi homogeneizado dentro de sacos plásticos e acondicionados nos vasos. A semeadura foi feita utilizando-se aproximadamente 10 sementes de *Eucalyptus citriodora*, com desbastes 15 após a germinação, cortando-se com uma tesoura as plantas excedentes mantendo-se uma por vaso.

Irrigações diárias foram feitas de modo a manter o teor de água próximo a 60% do volume total de poros de cada solo.

Após o desbaste os vasos permaneceram por um período de 15 dias em ambiente com umidade e sombreamento controlados (casa de vegetação). A seguir foram removidos para condições de luminosidade natural, onde ficaram por um período de seis meses durante o qual foram realizados tratamentos culturais tais como: adubações de cobertura (Uréia), controle de pragas e doenças (Cercobin 700 WP).



Figura 2. Disposição dos vasos no viveiro sob luminosidade natural.

3.4 Coleta de folhas

Ao final de seis meses foram coletadas as folhas de todos os vasos, no mesmo

dia, entre 7:00 e 8:00 horas da manhã. Segundo Silveira (1996) é recomendado antes de iniciar as extrações, fazer a coleta das folhas de todas as plantas, identificação e o congelamento destas, para posteriores extrações, não alterando o rendimento do óleo essencial.

3.5 Extração de óleo essencial

Todas as extrações foram feitas por hidrodestilação em aparelho Clevenger (Figura 3), com balões com capacidade para 2L. A destilação foi aplicada na extração de óleos essenciais e teve por finalidade separar a parte volátil do óleo essencial do restante não volátil que permanece nas partes da planta. As folhas eram retiradas do freezer a medida que seriam destiladas, estas foram pesadas e trituradas em liquidificador juntamente com 1L, em seguida a mistura foi colocada dentro do balão (folhas de *Eucalypto citriodora* e água), e levados ao aquecimento em manta aquecedora por 2 horas.

O procedimento exige a elevação da temperatura até atingir ebulição. O vapor resultante é conduzido para um condensador onde fica passando água corrente em temperatura ambiente durante todo período da destilação, o vapor entra em contato com este condensador retornando ao balão sob forma líquida e o óleo que foi arrastado com vapor fica contido no aparelho de clevenger. O processo de separação do óleo e água se dá em função de densidades diferentes destes compostos, que dessa forma, formam-se duas camadas bem distintas (óleo e água) o que permite a sua perfeita separação. Terminada a extração o óleo foi retirado com uma pipeta e pesado para cálculo de rendimento (MARRIOT et al., 2001).



Figura 3. Aparelho de destilação tipo Clevenger

3.6 Extração de pigmentos cloroplastídicos

O teor de clorofila de *E. citriodora* em relação às doses de boro e magnésio já mencionadas, foi avaliado conforme metodologia recomendada por Arnon (1949).

Um mês antes da coleta das folhas para extração e obtenção do óleo retirou-se 3 folhas verdes, das quais foram separadas as nervuras maiores. O material foi embalado em papel alumínio com identificação, tendo sido armazenado em caixa de isopor até a chegada no laboratório de química, onde foi realizada a análise do teor de clorofila.

As folhas (0,5g) foram maceradas em um almofariz de porcelana, tendo como extrator de clorofila 8 mL de acetona 80%. O procedimento se deu até que restasse no almofariz, uma massa com coloração de verde claro a branco.

O extrato foi retirado do almofariz e colocado em tubo de ensaio (Figura 4) tendo sido submetido à centrifugação (marca SYSLAB), a 1500 rpm durante 5 minutos. Em seguida o sobrenadante foi retirado para ser submetido à leitura de densidade ótica,

utilizando-se um espectrofotômetro da marca FEMTO 600 S, onde foram determinados os valores de absorbância nos extratos, medidas nos comprimentos de onda 645 e 663 nm. Utilizou-se acetona para ajustar a transmitância do espectrofotômetro em 100% (ARNON, 1949).

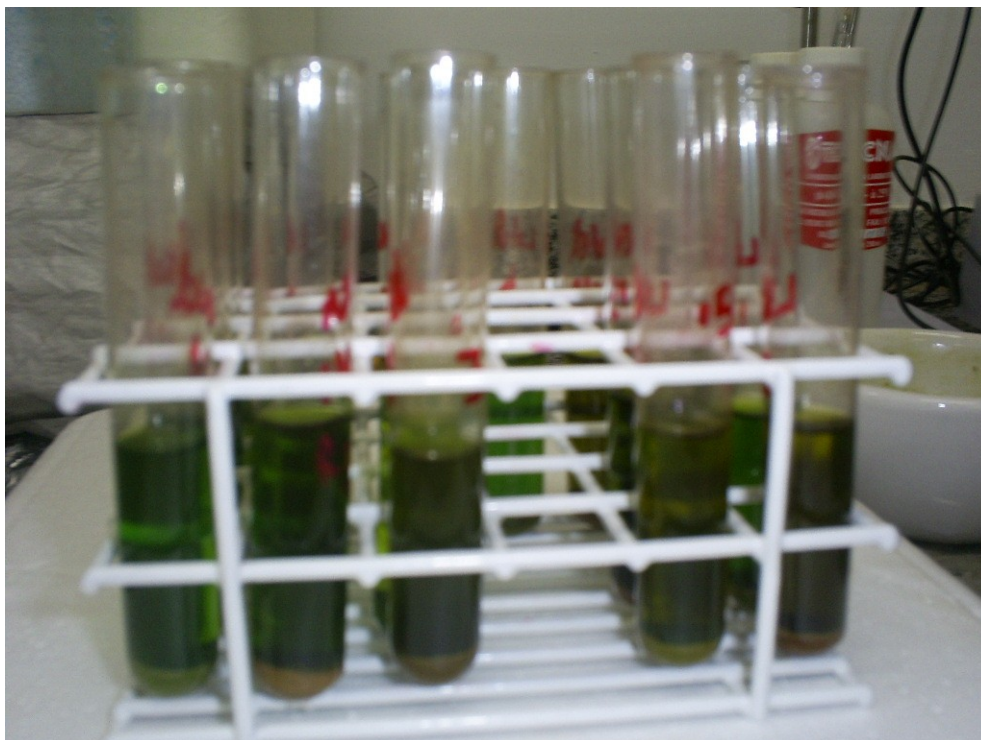


Figura 4. Extratos para análise de teor de clorofila

Foi calculado o teor de clorofila total no extrato, utilizando a seguinte fórmula, Clorofila Total: $(20,2 \times A + 8,02 \times B)$, recomendada por Arnon (1949).

Onde:

Resultados de clorofila total dado em $\mu\text{g/g}$ de peso fresco

A 645 = absorbância medida em 645 nm

B 663 = absorbância medida em 663 nm

3.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância utilizando-se o aplicativo computacional SAEG, segundo Ribeiro Júnior (2001). Quando o F foi significativo ($P < 0,05$) para os fatores analisados, equações de regressão foram ajustadas.

Calculou-se a máxima eficiência técnica (MET) representa a dose onde a produtividade é máxima, dentro da curva de produção obtida pela análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1 Neossolo Quartzarênico (NQ)

4.1.1 Teor de clorofila em função de doses de magnésio e boro

A análise de variância para teor de clorofila no Neossolo Quartzarênico (solo 1), foi significativo ($p < 0,05$) para doses de magnésio (Mg), e boro (B), não sendo verificado efeito significativo para a interação entre as doses de magnésio e boro (Quadro 2).

Quadro 2. Resumo das análises de variância para teor de clorofila em função de doses de magnésio e boro para o solo 1

Fontes de variação	Quadrado Médio
Magnésio	723,809 *
Boro	883,482 *
Boro x magnésio	69,1118 ns
Resíduo	65,2070
C.V (%)	14,7

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

Os teores de clorofila em função das doses de magnésio e de boro se ajustaram melhor ao modelo quadrático. Com base nas equações escolhidas foi avaliada a máxima eficiência técnica (MET), que representa a dose do nutriente que proporciona o máximo valor para os teores de clorofila. O teor máximo de clorofila foi observado quando se utilizou a dose $0,59 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de magnésio, sendo de $115,82 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 5). O teor de clorofila incrementou até a dose de $0,50 \text{ mg dm}^{-3}$ de boro, proporcionando um teor máximo de clorofila de $109,14 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 6) e após havendo um declínio com doses crescentes.

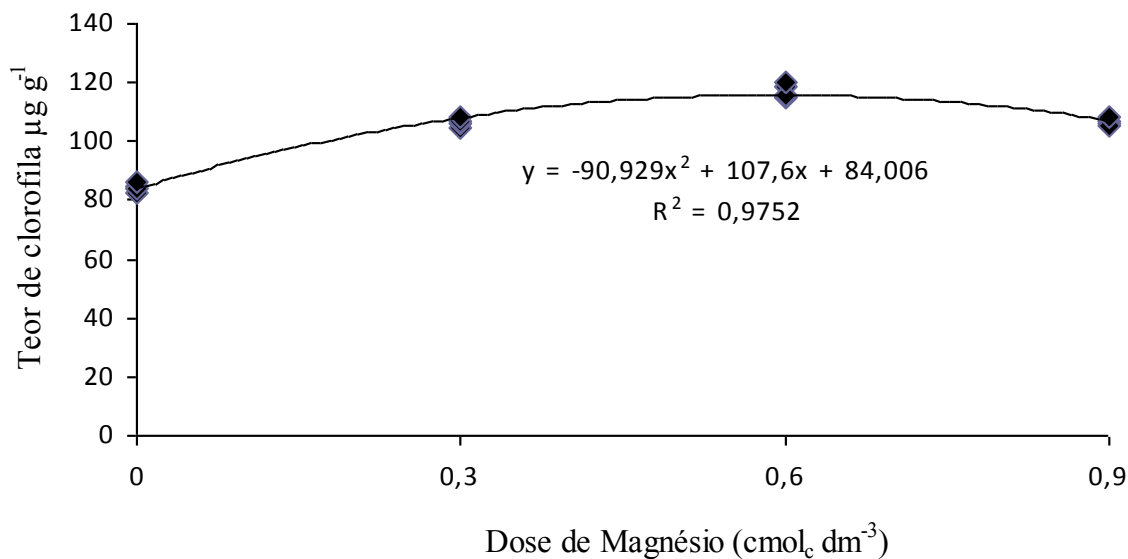


Figura 5. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado ao solo 1 (Neossolo Quartzarênico).

Foi observado que os tratamentos que receberam doses inferiores a 0,50 cmol_c dm⁻³ de Mg, expressaram alguns sintomas visíveis como clorose em folhas velhas, às vezes seguida de necrose. De acordo com Pereira (2001), realmente pode-se observar visivelmente na planta sintomas como estes na carência de magnésio.

Segundo Malavolta et al. (1997), os sintomas visuais de carência de magnésio se caracterizam por clorose nas folhas, usualmente sendo mais severa nas folhas velhas.

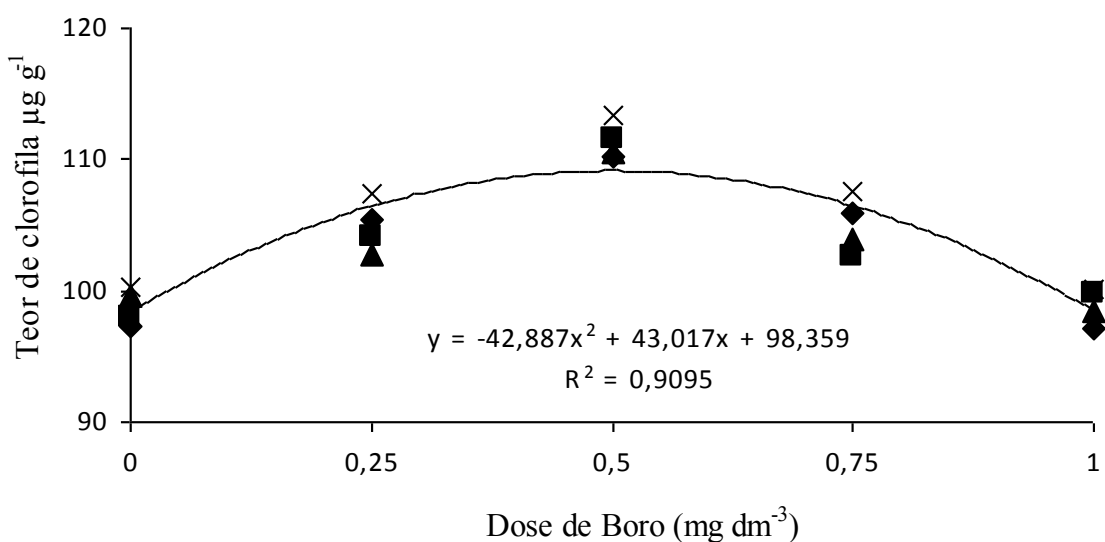


Figura 6. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 1 (Neossolo Quartzarênico).

Segundo Silveira (1996) ao analisarem folhas de *E. citriodora* deficientes em macronutrientes e boro, observaram que as deficiências de boro foram as que mais reduziram o número de glândulas produtoras de óleo por cm² de limbo foliar quando comparadas a folhas com tratamento completo. A redução na quantidade de glândulas na carência de boro e nitrogênio foram de 5 e 2,5 vezes, respectivamente, em relação ao tratamento completo.

Segundo Moraes et al. (2002), na deficiência de boro, ocorre redução da síntese de pectina e lignina, tornando mais finas as paredes das células do lenho, o que acarreta menor crescimento e menor produção de folhas das plantas.

4.1.2 Rendimentos de óleo essencial em função de doses de magnésio e boro em Neossolo Quartzarênico (NQ)

A análise de variância para rendimento de óleo no solo 1 (NQ) foi significativa ($p < 0,05$) para as doses de magnésio e boro, e não apresentou efeito significativo para a interação magnésio e boro (Quadro 3).

Quadro 3. Resumo das análises de variância para rendimento de óleo em função de doses de magnésio e boro para o solo 1

Fontes de variação	Quadrado	Médio
Magnésio	1,2464	*
Boro	0,0227	*
Boro x magnésio	0,0006	ns
Resíduo	0,0774	
C.V (%)	5,40	

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

Os dados do solo 1 (NQ) se ajustaram melhor ao modelo quadrático, cuja a máxima eficiência técnica (MET) dos nutrientes estudados foi alcançada com a dose de 0,71 cmol_c dm⁻³ de Mg proporcionando o maior rendimento de óleo de 1,37 mL/100g (Figura 7), enquanto o máximo rendimento de óleo foi de 1,18 mL/100g na dose 0,56 mg dm⁻³ de boro (Figura 8).

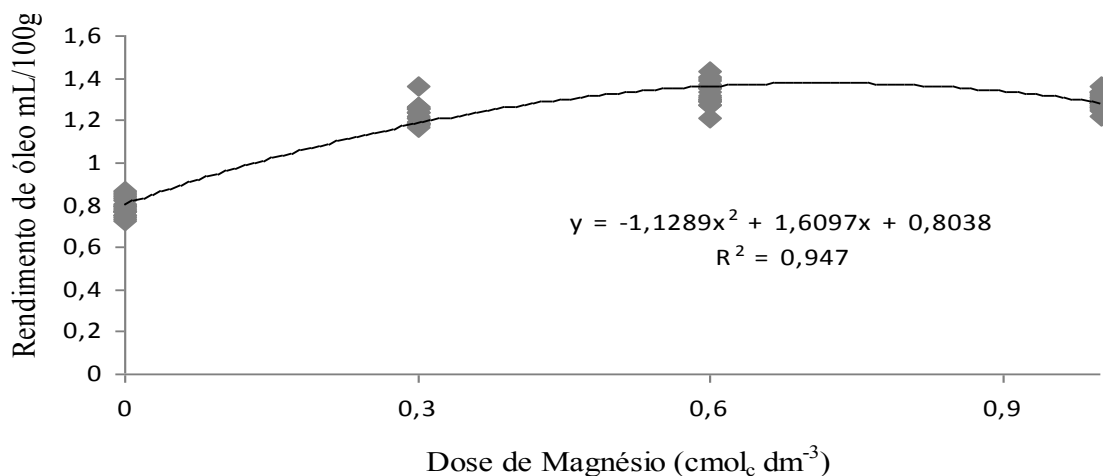


Figura 7. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado ao solo 1(Neossolo Quartzarênico).

Na ausência de magnésio o rendimento de óleo foi de 0,8 mL/100g, havendo um acréscimo de 71% no rendimento de óleo, até que se obtivesse a MET, evidenciando mais por tanto, o efeito benéfico deste elemento ou de uma planta adequadamente nutrida, sobre a produção de óleo.

A quantidade de óleo produzida está fortemente relacionada com as condições adequadas de crescimento e desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, produção de folhas. As menores quantidades de óleo por planta foram observadas por Moura et al. (1998) na omissão de boro, fato este devido a uma drástica redução na produção de folhas.

Galanti (1987) e Vitti & Brito (1999) relatam que o rendimento em óleo essencial pode estar relacionado com as condições de solo, clima, época da colheita, idade da planta, teor de umidade da folha, método e tempo de destilação, tempo de destilação, pressão de vapor, procedência da planta e com outros fatores.

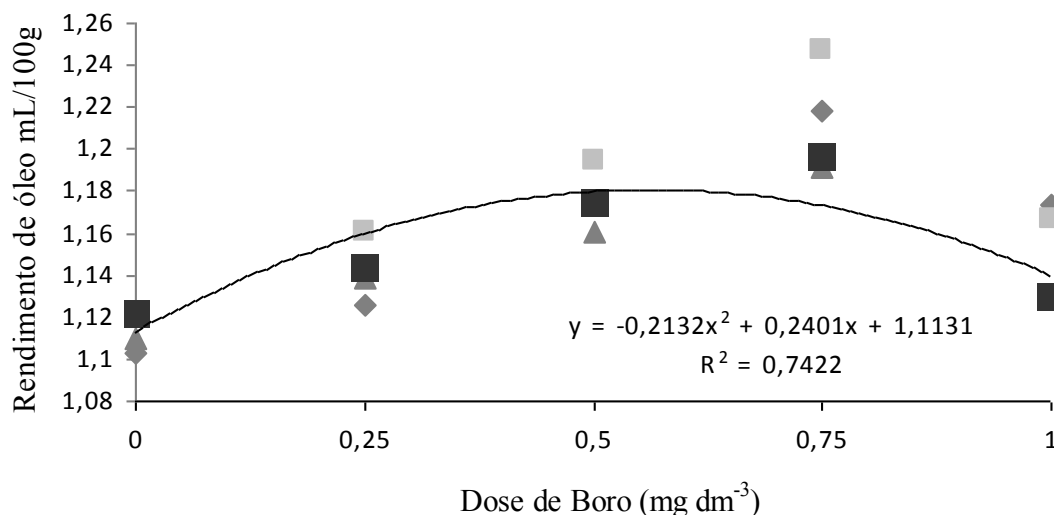


Figura 8. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 1 (Neossolo Quartzarênico).

A biossíntese do óleo essencial depende, além dos fatores genéticos, também dos fisiológicos, ambientais e nutricionais. Os nutrientes minerais são fundamentais para o crescimento da planta e conseqüentemente uma boa produção de óleo essencial (GARLET et al., 2007).

O estresse nutricional decorrente da deficiência ou do excesso de determinado nutriente interfere no metabolismo vegetal, sendo importante fator na redução da produtividade da planta, quantidade e qualidade de óleo essencial (COSTA et al., 2007).

4.2 Experimento 2 Latossolo Vermelho Distrófico (LVD)

4.2.1 Teor de clorofila em função de doses de magnésio e boro

Para o Latossolo Vermelho Distrófico (solo 2) a análise de variância para teor de clorofila foi significativo ($p < 0,05$), tanto para as doses de magnésio e boro, como para interação entre boro x magnésio (Quadro 4).

Quadro 4. Resumo das análises de variância para teor de clorofila em função de doses de magnésio e boro para o solo 2

Fontes de variação	Quadrado Médio
Magnésio	9222,080 *
Boro	4429,795 *
Boro x magnésio	1719,335 *
Resíduo	219,7916
C.V (%)	16,7

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

Da mesma forma que para o Neossolo Quartzarênico (NQ), no Latossolo Vermelho Distrófico (LVD) os dados se ajustaram melhor ao modelo quadrático. O máximo teor de clorofila foi obtido quando se utilizou a dose de $0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg, sendo de $215,66 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 9).

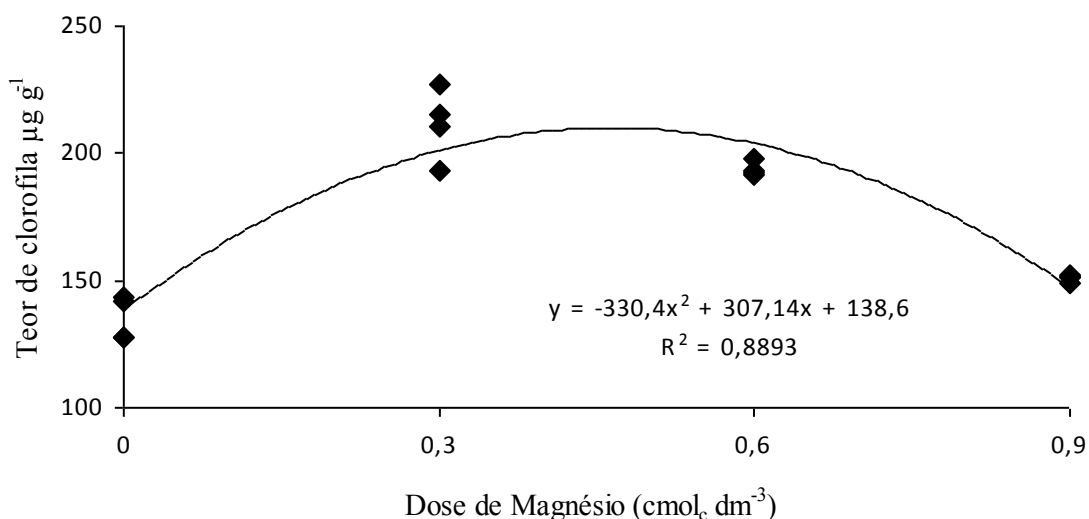


Figura 9. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado ao solo 2 (Latosolo Vermelho Distrófico).

Os teores de clorofila nas folhas podem ser utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa e ao crescimento e à adaptação a diversos ambientes. Uma planta com alto teor de clorofila é capaz de apresentar taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu potencial de captação de “quanta” na unidade de tempo (PORRA et al., 1989; CHAPPELLE e KIM, 1992).

Para o boro a dose de máxima eficiência técnica (MET) foi de $0,60 \text{ mg dm}^{-3}$ que promoveu um teor de clorofila de $177,88 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 10).

Goldbach et al. (2007), argumentaram que a função do boro no processo fotossintético ainda é desconhecida, mas a deficiência pode afetar o funcionamento das membranas do cloroplasto, afetando o transporte de elétrons no tilacoide resultando em fotoinibição. Entretanto, a deficiência do boro pode ainda afetar indiretamente a fotossíntese e a transpiração por meio da diminuição da área foliar e pela alteração dos compostos presentes na folha.

Conforme Silva (2007), folhas de mostarda desenvolvidas sob deficiência de boro apresentam baixa condutância estomática para o CO₂, redução de clorofilas e proteínas solúveis (enzimas fotossintéticas) que por sua vez, prejudicam o desempenho fotossintético.

Solos arenosos que apresentam baixo teor de boro possuem condições propícias para a deficiência severa desse nutriente. A seca de ponteiro, um dos sintomas característicos da carência de boro, vem sendo reduzida com a aplicação de boro em povoamentos de eucalipto. A redução de 35% na seca de ponteiro com aplicação de 2,2 kg ha⁻¹ de B em solo arenoso e de 45% em solo argiloso foi constatada por Sgarbi e Silveira (1999).

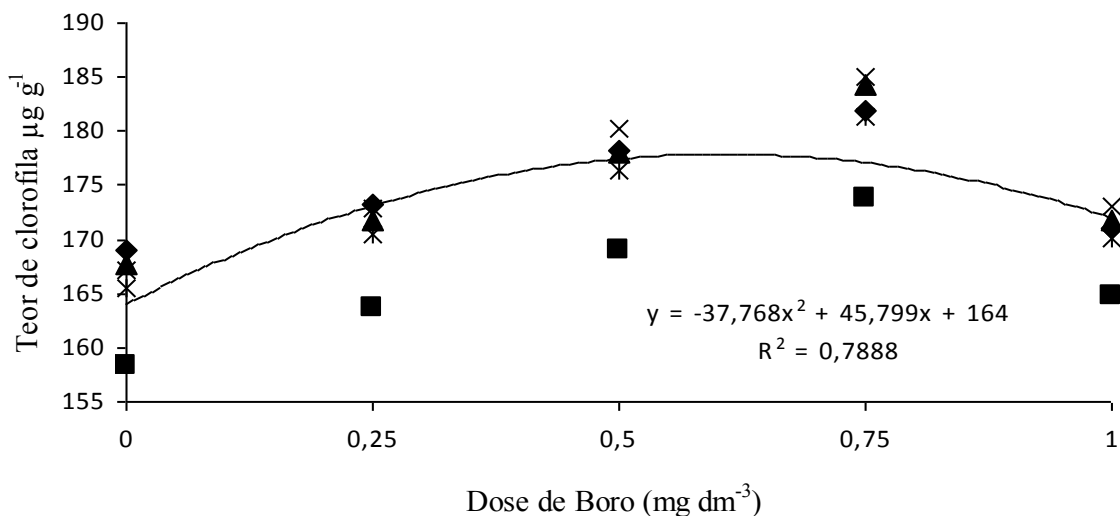


Figura 10. Teor médio de clorofila de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 2 (Latossolo Vermelho Distrófico).

Como houve interação significativa dos fatores boro e magnésio para os teores de clorofila, fez-se o desdobramento da interação e os resultados estão demonstrados no Quadro 4.

Observando os resultados de teores de clorofila (Quadro 5) é possível verificar que os maiores teores de clorofila geralmente foram obtidos com a dose $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de magnésio, este efeito se deu independente dos teores de boro. Quando a dose de boro foi de 0,25 e 1 mg dm^{-3} não foram verificadas diferenças para doses de magnésio. Observa-se ainda que os maiores teores de clorofila foram conseguidos com a dose de $0,75 \text{ mg dm}^{-3}$ de boro e, nesse caso, a dose de $0,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de magnésio não diferiu da dose de $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Quadro 5. Teores médios de clorofila ($\mu\text{g g}^{-1}$) em função das doses de boro, dentro de cada dose de magnésio

Dose de Boro (mg DM^{-3})	Dose de Magnésio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)			
	0	0,3	0,6	0,9
0	91,04 C	214.00 A	141.80 BC	157.72 BC
0,25	145.42 A	168.44 A	127.62 A	123.24 A
0,5	141.58 C	275.02 A	149.02 C	217.66 B
0,75	181.76 B	289.34 A	111.32 C	309.68 A
1	152.10 A	201.96 A	179.28 A	165.20 A

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

4.2.2 Rendimento de óleo essencial em função de doses de boro e magnésio em Latossolo Vermelho Distrófico (LVD)

A análise de variância do rendimento de óleo essencial no Latossolo Vermelho Distrófico (solo 2) foi significativo ($P < 0,05$) para as doses de magnésio e boro, o que não ocorreu para a interação boro x magnésio (Quadro 6).

Quadro 6. Resumo das análises de variância para rendimento de óleo em função de doses de magnésio e boro para o solo 2

Fontes de variação	Quadrado Médio
Magnésio	1,2584 *
Boro	0,0170 *
Boro x Magnésio	0,0001 ns
Resíduo	0,0003
C.V (%)	3,74

* significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, (ns) Não significativo.

Por meio da análise de regressão os dados se ajustaram ao modelo quadrático. Foram calculados os valores de máxima eficiência técnica (MET) dos nutrientes

estudados, que foi alcançada com a dose de $0,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg proporcionando o rendimento de óleo $1,38 \text{ mL}/100\text{g}$ (Figura 11), de pode-se observar que na ausência de Mg o rendimento de óleo foi de $0,8 \text{ mL}/100\text{g}$, após calculado a MET, percebe-se um aumento de 72% no rendimento de óleo na presença do Mg. Na ausência de boro o rendimento de óleo foi de $1,13 \text{ mL}/100\text{g}$, havendo um incremento de 5% no rendimento de óleo com a dose de $0,75 \text{ mg dm}^{-3}$ de boro, obtendo $1,19 \text{ mL}/100\text{g}$ de produção de óleo (Figura 12).

As relações de nutrientes disponíveis para a planta são importantes tanto para o desenvolvimento vegetativo da planta, quanto para a qualidade do óleo essencial. Ainda segundo Maia (1994) as proporções do componente principal do óleo essencial são alteradas pelas condições de nutrição da planta. De acordo com Furtini et al. (2000), com relação a nutrição de espécies florestais, a demanda de alguns nutrientes é mais intensa na fase inicial de crescimento das plantas.

Oliveira e Buzetti (1997) recomendam a aplicação de micronutrientes, principalmente B em plantios de eucalipto, além da adubação dom NPK.

Valeri et al. (1993) verificaram que adubação básica com NPK e micronutrientes (B e Zn), proporcionou maior crescimento em altura e diâmetro das plantas de *Eucalyptus grandis*.

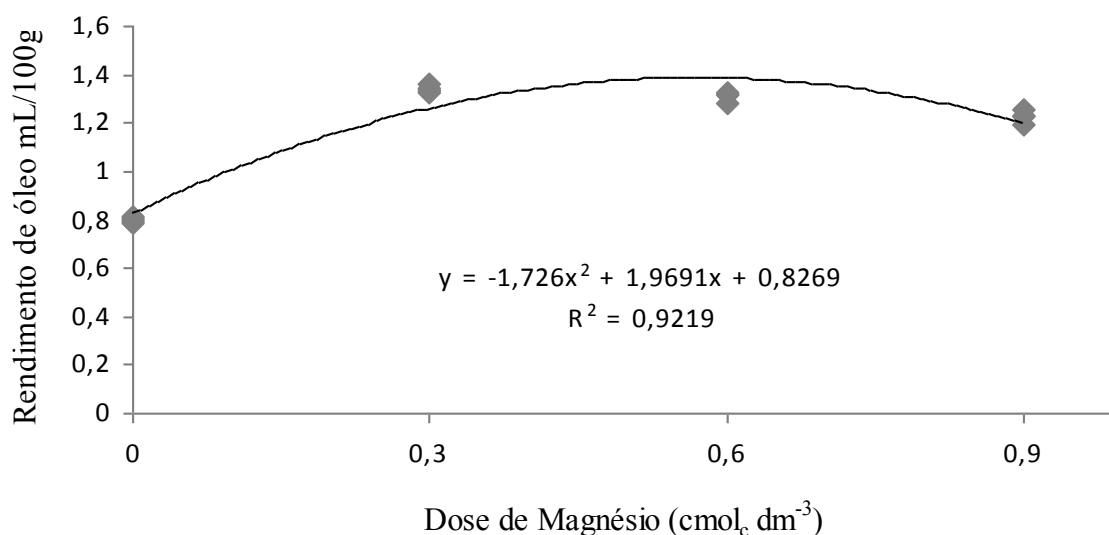


Figura 11. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de magnésio adicionado solo 2 (Latosolo Vermelho Distrófico).

Galanti (1987) e Vitti e Brito (1999), mencionam que a colheita de folhas para obtenção de óleo deve ser feita nos meses mais secos do ano (abril a setembro), com um percentual médio de 79,5 % de citronelal, uma vez que neste período a concentração do óleo é maior, em função do menor teor de umidade nas folhas e da melhor qualidade da essência obtida.

Segundo Lima e Oliveira (2003) no caso da hortelã se a colheita for realizada fora do período recomendado à safra tem queda tanto no rendimento de óleo essencial como na qualidade do óleo.

Para fins comerciais a colheita das folhas pode ser iniciada a partir do primeiro ano do povoamento florestal no campo, desramando-se as folhas dos galhos laterais e mantendo-se as folhas no ápice da copa.

Maffeis et al. (1996) também verificaram menor rendimento de óleo essencial nas plantas de *E. citriodora* que cresciam na ausência ou em pequenas doses de boro quando comparadas com as cultivadas em níveis normais de boro na solução nutritiva.

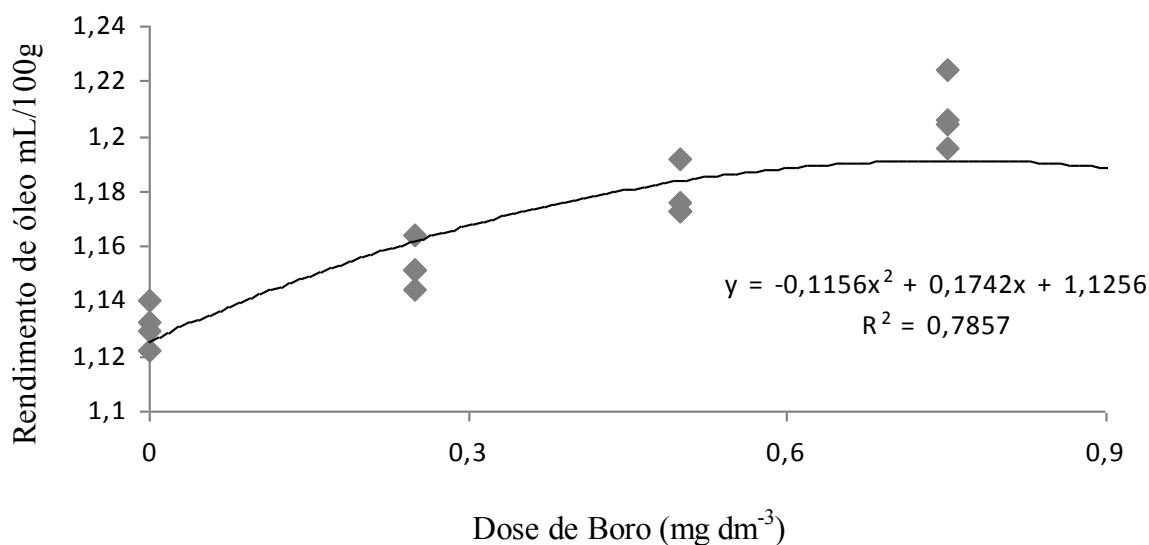


Figura 12. Teor médio de rendimento de óleo de folhas de eucalipto em função de doses de boro adicionado ao solo 2 (Latosolo Vermelho Distrófico).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, pode-se concluir que:

- Boro e Magnésio afetam os teores de clorofila em mudas de *Eucalyptus citriodora* em ambos os solos estudados.
- O rendimento de óleo essencial em mudas de *Eucalyptus citriodora* é afetado pelos teores de nutrientes de B e Mg no solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. F.; LARANJEIRO, A. J.; LEITE, J. E. M. O melhoramento ambiental no manejo integrado de pragas: um exemplo na Aracruz florestal. **Silvicultura**, v. 39, p. 21-25, 1987.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

BALONI, E.A. **Fertilização florestal**. Boletim informativo – IPEF, Piracicaba n.6, v.16, p. 1-34, 1978.

BOLAND, D.J; BROOKER, M.H; CHIPPENDALE, G.M. et al. **Forest trees of Australia**. 4.ed.Melbourne: CSIRO, 1994. 687p.

CARVALHO, P. E. R. **Influência da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (Vell) Mart. subsp. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* Camb. e *Centrolobium robustum* (Vell) Mart. ex Benth., na fase juvenil**. Curitiba, 1996. 157 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

CHAPPELLE, E. W.; KIM, M. S. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for a remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 39, p. 239-247, 1992.

COELHO, F.S; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. São Paulo: IEA, 1973. 384p.

COLE, M. M. Cerrado, caatinga and pantanal: The distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. **Geography Journal**, v. 106, n. 2, p. 168-179, 1960.

COSTA, C. A.; ALVES, D. S.; FERNANDES, L. A. Nutrição mineral da fava d'anta. **Horticultura Brasileira**. v. 25, p. 24-28, 2007.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. P. 555. New York: The New York Botanical Garden, 1988.

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO/UFLA. Neossolo Quartzarenico (NQ), 2008. Disponível em: <<http://www.dcs.ufla.br/Cerrados/Portugues/CNeossolo.htm>>. Acessado em 17 de Abril de 2008).

DORAN, J.C. Comercial sources, uses, formation and biology. In: BOLAND, D. J; BROPHY, J.J; HOUSE, A. P. N. ***Eucalyptus* leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing**. p. 11-28. Melbourne: Inkata, 1991.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos: **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos: Sistema brasileiro de classificação de solos. **Brasília: Embrapa Produção e Informação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p. 412, 1999.

EMBRAPA. Parque de Estação Biológica – PqEB. Vegetação Florestal. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/html>>. Acessado em 17 de Abril de 2008).

EUCALIPTO, pesquisa amplia usos. **Revista da Madeira**, nº 75, p. 138, agosto, 2003. (Edição especial).

FURTINI, A.E. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 351-383.

GALANTI, S. Produção de óleo essencial do *Eucalyptus citriodora* Hooker, no município de Torrinha, Estado de São Paulo. Viçosa, MG, **Universidade Federal de Viçosa – UFV**, 1987. 48p.

GARLET, T.M.B; SANTOS, O.S; APEL, M. A; FLORES, R. Teor e Qualidade do Óleo Essencial de *Mentha x gracilis* Sole (Lamiaceae) Cultivada em Hidroponia. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 114-116, jul. 2007

GOLDBACH, H.E; HUANG, L; WIMMER, M.A. Boron functions in plants and animals. Wuhan, p. 3-25, 2007.

GOMIDE, A.M. Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* (jacq.): 1997. 53p. Dissertação – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

GONÇALVES, J.L.M.; VALERI, S.V. Micronutrientes para culturas: eucalipto e pinus. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p. 393-423, 2001.

GRASSI F, H. Magnésio nas plantas. Disponível em: <[http:// www.fca.unesp.br/intranet/arquivos.pdf](http://www.fca.unesp.br/intranet/arquivos.pdf)>. Acessado em 12 de Março de 2008.

INSTITUTO AGRONOMO DE CAMPINAS – IAC. Solos. Disponível em: <http://www.zeamays.com.br/estratificacoes_de_ambiente/solo..htm>. Acessado em 16 de Abril de 2008.

JUNQUEIRA Jr., J. U. **Macronutrientes, boro e zinco na citronela de Java: sintomas de deficiências e efeitos na produção e qualidade do óleo essencial.** Piracicaba: ESALQ/USP, p.65, 1993.

KRONKA, F.J.N. O Eucalipto: Avalista na conservação de áreas naturais. Instituto Florestal de São Paulo, 2007.

LIMA, I.L de; OLIVEIRA, C.L.F de. Aspectos gerais do uso de óleos essenciais de Eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Florestal.** N.1,2003.

MAFFEIS, A.R; SILVEIRA, R.L.V.A; BRITO, J.O. **Efeito do boro na produção de folhas e rendimento de óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* cultivado em solução nutritiva.** Piracicaba: ESALQ/USP, v.1, p.502,1996.

MAFFEIS, A.R; SILVEIRA, R.L.V.A; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **scientia forestalis.** n. 57, p. 87-98, jun. 2000.

MAIA, N.B. **Nutrição mineral, crescimento e qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva.** Piracicaba: ESALQ/USP, p. 6, 1994.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de; **Avaliação do estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações.** Piracicaba, 2. ed. P. 319, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London: Academic, 1995. 889 p.

MARRIOTT, P.J.; SHELLIE, R.; CORNWELL, C. Gas chromatographic technologies for the analysis of essential oils. **Journal of chromatography A.** n.936. p. 1-22, 2001.

MATOS, E. **Centro De Apoio ao Desenvolvimento tecnológico – CDT/UnB.** Campus UnB- Faculdade de Tecnologia. Brasília- Módulo AT-5, 2006.

MEIRA NETO, J. A. A.; SAPORETTI JÚNIOR, A.W. Parâmetros fitossociológicos de um cerrado no Parque Nacional Da Serra Do Cipó, MG. **Revista Árvore.** v.26, n. 5, 2002.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Brasil: Campeão do Eucalipto. Disponível em: <<http://ftp.mct.gov.br/especial/genolyptus4.htm>>. Acessado em 02 de Junho de 2008.

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, A. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 37, p. 1431-1436, 2002.

MOURA, L.F.; SGARBI, F.; MAFFEIS, A.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O.; KITAJIMA, E.W. Análise de elementos anatômicos em folhas de *Eucalyptus citriodora*, cultivados sob condições de omissão de macronutrientes e boro através da MEV. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 6; REUNIÃO PAULISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 9; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESALQ, 12, v.1, p. 498. Piracicaba, 1998.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. **Método de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p. 189-253.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p.169-221.

OLIVEIRA, S.A.; BUZETTI, S. Efeito da aplicação de NPK e micronutrientes no desenvolvimento de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Florestas**. v. 29, p. 27-36, 1997.

PEREIRA, W.L.M. **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para capim-mombaça**. Piracicaba, 2001. 124 p. Tese Doutorado- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIDEMANN, P. E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying **a** and **b** extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophylls standards by atomic absorption spectroscopy. **Biochimic et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 975, p. 384-394, 1989.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1991. 343p.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. **Woody flora distribution of the cerrado biome: phytogeography and conservation priorities**. In: CAVALCANTI, T. B. et al. (Org). CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51, 2000, Brasília. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Sociedade Botânica do Brasil. 2000. p. 340-342.

REMADE - Opinião - Um debate sobre o eucalipto. Disponível em: <www.remade.com.br>. Acessado em 04 de Fevereiro de 2008.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. p.301, Viçosa: UFV, 2001.

SANTOS, A.F; AUER, C.G; GRIGOLETTI, A. **Doenças de eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle**. 1 ed. Colombo, 2001 (EMBRAPA-CNPQ).

SANTOS, P.M. Estudos de algumas características agrônômicas de *Panicum maximum* (jacq.) cvs. Tanzânia e Mombaça para estabelecer seu manejo. 1997. p. 62. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo- SP.

SAPORETTI JR., AMILCAR, W; MEIRA NETO, J.A.A.; ALMADO, R. *Phytosociology of a cerrado understory in a stand of Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden in Bom Despacho-MG*. **Revista Árvore**. v.27, n. 6, 2003.

SGARBI, F; SILVEIRA, R.L.V.A. Resposta do *Eucalyptus* à aplicação de boro e potássio na região de Três Marias. MG. In: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO BORO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO, 2., Piracicaba. 1998. **Anais**. Piracicaba: IPEF; ESALQ,1999. p.89-105.

SILVA, D.H. **Boro em mamoneira: Aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à deficiência e toxicidade**. 2007. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura e Ambiente), Universidade de São Paulo, USP..

SILVA-SANTOS, A. **Análise técnica, economia e de tendência da indústria brasileira dos óleos essenciais**. Rio de Janeiro: p. 202, 2002.

SILVEIRA, R. L. V. A. **Crescimento e estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* sob doses de boro e sua relação com a agressividade de *Brotrysphaeria ribis***. 1996. 100 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1996.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; HIGASHI, E.N. crescimento e sobrevivência de mudas de eucalipto sob doses de boro cultivadas em Condições de viveiro e de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 366-371, 2004.

SIMÕES, C.M.O; SPITZER, V. Óleos voláteis In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. Porto Alegre/ Florianópolis: Editora UFRGS/ editora da UFSC. p. 387-416,1999.

STREIT, N.M; CANTERLE, L.P; CANTO, M.W; HECKTHEUER, L.H.H. *The chlorophylls*. **Ciência Rural**, 2005, vol.35, n. 3, ISSN 0103-8478.

SILVA, V. F. N.; GONÇALVES, A. R.; ROCHA, G. J. M. Extração do óleo de eucalipto e estudo da biomassa residual desse processo. Departamento de Biotecnologia – Escola de Engenharia de Lorena. USP, 2007.

TAIZ, L.; ZIEGLER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre : Artmed, p.693, 2004. (Trad. SANTARÉM E.R. et al.).

VALLAD, G.E; GOODMAN, R.M. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. **Crop Science**, 2004.

VALERI, S.V.; AGUIAR, I.B & CORRADINI, L. Composição química foliar e crescimento volumétrico de *Eucalyptus grandis* Hill cultivado em areia quartzosa, em resposta a aplicação de fósforo e calcário dolomítico. IPEF, v.49, p. 63-75, 1993.

VITTI, A. M. S. & BRITO, J. O. Produção de óleo essencial de eucalipto. Piracicaba, SP, IPEF - Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ / USP, IPEF - setembro/outubro, v. 23, n.146, p.11, 1999.

VITTI, A.M.S; BRITO, J.O. **Óleo essencial de Eucalipto**. Escola Superior Luiz de Queiroz. Piracicaba. p. 30. 2003.

VON ELBE, J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza : Wisconsin - Madison, Cap.10, p.782-799, 2000.

XAVIER, A. Variabilidade genética de óleo essencial e de crescimento em progênies de meio irmãos de *Eucalyptus citriodora*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa – UFV, p.5-30, 1993. (Tese M.S.)

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**. Universidade de São Paulo USP. Temas de Biologia. v. 30, p. 101, 1982.

YNAMA, R; PRIMAVERSI, O. **Micronutrientes ou elementos menores completando as adubações, equilibram a fertilidade do solo**. 3.ed. São Paulo, Agrofértil, 1973.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para adequado desenvolvimento das plantas. **Informações Agronômicas**. n. 90, p. 1-5, Piracicaba: 2000.

