

# AVALIAÇÃO DE DOIS TRATAMENTOS DE ADUBAÇÃO EM PLANTIO DE EUCALIPTO CLONAL EM SOLO ARENOSO

## EVALUATION OF TWO FERTILIZATION TREATMENTS IN CLONAL EUCALYPT PLANTATION IN SANDY SOIL

Marcella de Oliveira PINHO SILVA<sup>1</sup>; Gilberto Fernandes CORRÊA<sup>2</sup>; Lísias COELHO<sup>3</sup>; Paulo Gonçalves RABELO<sup>4</sup>

1. Engenheira Agrônoma, Uberlândia, MG, Brasil; 2. Professor Titular, Instituto de Ciências Ambientais e Agrárias – ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil. [gfcorrea@ufu.br](mailto:gfcorrea@ufu.br); 3. Professor Adjunto, ICIAG – UFU, Uberlândia, MG, Brasil; 4. Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia, ICIAG – UFU, Uberlândia, MG, Brasil.

**RESUMO:** Este trabalho foi realizado com finalidade de testar o efeito de um composto organo-mineral sobre o rendimento, em madeira, de um clone de eucalipto. O experimento constituiu-se, portanto, em três tratamentos: (i) adubação mineral praticada pela empresa (WM), em termos de calagem e adubações; (ii) a mesma adubação mineral adotada nos plantios da referida Empresa, acrescido do composto organo-mineral (VZ) e (iii) um tratamento referência, representado pela condição original (Cerradão – CE). Os incrementos nutricionais ao solo foram avaliados em comparação com o solo de uma área adjacente, ainda sob vegetação original. As amostragens para análises de fertilidade do solo foram realizadas dezoito meses após o plantio e foram retiradas até a profundidade de dois metros, com duas repetições em cada tratamento: WM, VZ e CE. Os resultados das análises químicas demonstraram que, de um modo geral, a melhoria na fertilidade do solo sob plantio de eucalipto foi mais expressiva no tratamento que recebeu o composto organo-mineral. Os cálculos para avaliar o incremento de madeira foram realizados 30 meses após o plantio. Constatou-se, com os cálculos de cubagem, um potencial incremento significativo na produção de madeira no tratamento com adição do composto organo-mineral, com ganho de 72,41 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aos sete anos, em relação ao tratamento WM. Além de, um lucro líquido de, aproximadamente, R\$ 1.499,42 por hectare.

**PALAVRAS - CHAVE:** Reflorestamento. Clone de eucalipto. Nutrição mineral.

### INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor de Eucalipto no mundo com, aproximadamente, três milhões de hectares. Para alcançar a demanda de altas produtividades, é crescente a utilização da clonagem em escala comercial, pois confere características desejáveis ao cultivo (ALFENAS et al., 2004). A maioria das plantações de eucalipto situa-se em solos distróficos e, portanto, a ciclagem de nutrientes e a fertilização são de extrema importância para manutenção da produtividade (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

De maneira geral, as áreas cultivadas com eucalipto são de baixa fertilidade, o que reduz o custo inicial do investimento. A natureza essencialmente arenosa, como ocorre na área foco deste estudo, não permite o desenvolvimento de agregados e o solo apresenta-se sem estrutura. Devido ao baixo teor de argila, há pouca interação desta com a matéria orgânica, o que conduz a uma baixa residência da fração orgânica no solo.

A matéria orgânica presente no solo pode ser advinda tanto da ciclagem natural da planta como da adição de compostos orgânicos ao solo. A biomassa microbiana presente na matéria orgânica em condições de flutuações sazonais de temperatura

e umidade, no cultivo e manejo de resíduos, apresenta rápida ciclagem. Com o aumento da pluviosidade a taxa de decomposição da matéria orgânica também aumenta (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Um fator que determina a disponibilidade de nitrogênio e carbono é o tipo de solo. Em solos argilosos a matéria orgânica interage com a argila. Quando há suficiente umidade no solo os nutrientes são disponibilizados para a solução e, assim, absorvidos pelo sistema radicular (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

De acordo com Gonçalves et al. (1996), ao se recomendar doses de nitrogênio em plantios de eucalipto uma variável a ser levada em consideração é o teor de matéria orgânica do solo. Em solos com baixo teor de matéria orgânica, como o da região em que foi desenvolvido este trabalho, o teor foliar de nitrogênio tende a ser baixo e, consequentemente, as respostas à adubação nitrogenada e orgânica são mais expressivas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento, em madeira, de um clone de eucalipto, mediante a adição de um composto organo-mineral em cova, em acréscimo à adubação mineral praticada sistematicamente pela empresa, na formação do maciço florestal, em solo arenoso.

## MATERIAL E MÉTODOS

O Experimento foi instalado na Fazenda Segredo, do Grupo White Martins, localizada no município de João Pinheiro – MG. A região possui temperatura média anual de 22,5° C (média máxima de 28,8° C e média mínima de 16,5° C) e pluviosidade média anual de 1.442 mm, sendo que cerca de 70% concentra-se no verão. A profundidade do lençol freático, medido no final do período seco (setembro/2008 e outubro/2009) através de perfuração com trado tipo holandês, alcançou respectivamente 5,10m e 6,15m. Em contraste, no período chuvoso, o lençol freático se eleva a cerca de 2,0 metros da superfície do solo. Esta oscilação na profundidade do lençol freático pode apresentar sérias limitações ao desenvolvimento de alguns clones de eucalipto.

O plantio dos eucaliptos foi feito em fevereiro de 2007 com um clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. A área total do experimento foi de 42 m x 18 m, com o espaçamento de 3m x 3m. Nesta área, o solo apresentou a seguinte composição granulométrica: 481 g kg<sup>-1</sup> (areia grossa), 271 g kg<sup>-1</sup> (areia fina), 57 g kg<sup>-1</sup> (silte) e 191 g kg<sup>-1</sup> (argila). Este teor de argila e as características morfológicas deste solo o enquadram na classe Latossolo Amarelo distrófico psamítico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Os teores de matéria orgânica são baixos (CFSEMG, 1999) situando-se em torno de 0,9 dag kg<sup>-1</sup> nos primeiros 40 cm do solo, sob vegetação original do tipo Cerradão.

A caracterização química dos primeiros 40 cm deste solo é: pH ≈ 5,15; Ca<sup>2+</sup> ≈ 0,125 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> ≈ 0,05 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> ≈ 0,04 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB ≈ 0,22; Al<sup>3+</sup> ≈ 0,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> ≈ 1,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; T ≈ 2,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; t ≈ 0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V ≈ 9 %; m ≈ 75 %; P ≈ 2 mg dm<sup>-3</sup>; M.O. ≈ 0,9 dag kg<sup>-1</sup>. Estas características indicam um ambiente pobre quimicamente, praticamente sem reserva de nutrientes.

Foi, então, instalado um experimento de campo com o propósito de avaliar o manejo utilizado pela empresa em relação a uma parcela submetida ao mesmo manejo acrescido de 1 kg de composto organo-mineral por cova, que é uma dose considerada eficiente e economicamente viável, tendo ainda, como referência, as características do solo na condição original (área circunvizinha sobre vegetação do tipo Cerradão).

Para constatação final da diferença dos tratamentos em termos quantitativos, foi analisado o incremento de madeira devido à adubação, aos 30 meses. Foram utilizados os cálculos de cubagem e

probabilidade para averiguar se o acréscimo do composto orgânico propiciaria uma diferença significativa, do ponto de vista econômico.

O manejo da adubação adotado pela empresa (WM) para plantio do eucalipto naquela área consiste na calagem com 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico em área total, sem incorporação, e posterior aplicação de fósforo reativo na dosagem de 400 kg ha<sup>-1</sup>, o que equivale a 120 g m<sup>-1</sup> de sulco, distribuído nos sulcos de plantio, a 45-50 cm de profundidade. No tratamento diferenciado (VZ), além da adubação básica, foram incorporados 1.000 g cova<sup>-1</sup> de adubo organo-mineral. A adubação inicial foi feita junto à planta, 10 a 15 dias após o plantio, usando 110 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 6-30-6 + micronutrientes (1% Boro, 0,5% de Zinco e 0,5% de Cobre), nos dois tratamentos. A segunda cobertura foi feita 90 dias após o plantio, também na cova, com 180 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 10-0-30.

O fertilizante orgânico VZ, utilizado no experimento, tem a seguinte caracterização físico-química, em umidade natural: pH (em CaCl<sub>2</sub> 0,01mol L<sup>-1</sup>) 7,8; umidade total, 30%; matéria orgânica total, 38%; N total, 2,7%; P total, 4,2%; K total, 2,0%; Ca total, 4,2%; Mg total, 1,32%; S total, 0,78%; Cu total, 81,50 mg kg<sup>-1</sup>; Mn total, 445 mg kg<sup>-1</sup>; Zn total, 476,75 mg kg<sup>-1</sup>; Fe total, 11.000 mg kg<sup>-1</sup>; B total, 182,00 mg kg<sup>-1</sup>; Na total, 4.400 mg kg<sup>-1</sup>; Relação C/N, 12,75/1.

A terceira área, caracterizada pela vegetação do tipo Cerradão (CE) foi tomada como testemunha em área contígua. Nessa área o solo apresentou-se um pouco mais arenoso: 600 g kg<sup>-1</sup> (areia grossa), 268 g kg<sup>-1</sup> (areia fina), 15 g kg<sup>-1</sup> (silte) e 117 g kg<sup>-1</sup> (argila). Devido o teor de argila ser inferior a 150 g kg<sup>-1</sup>, este solo enquadra-se na classe Neossolo Quartzarênico órtico típico (EMBRAPA, 2006).

As amostragens de solo foram realizadas em agosto de 2008, quando as plantas estavam com 18 meses de idade. Para coleta das amostras de solo foi feita a abertura de seis trincheiras com 1m de profundidade, sendo duas na área do experimento com adubo VZ, duas na área WM e duas no cerradão, como área de referência. As coletas foram feitas até a profundidade de 2 m com intervalos de 10 em 10 cm nos primeiros 40 cm de profundidade e, a partir daí, com intervalo de 20 cm até atingir 2 m de profundidade. O espaçamento entre a face do corte do solo até a planta (faixa de solo amostrado na linha de plantio) foi de 16 cm, até 100 cm. No intervalo de 100 cm até 200 cm de profundidade as amostras foram retiradas com o auxílio de um trado tipo holandês, o que obrigou a afastar a linha de amostragem de aproximadamente 15 cm para poder girar o trado.

As análises químicas das amostras foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo (LABAS) do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Os elementos P e K foram analisados partir do extrator Melich 1 ( $\text{HCl mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ) (EMBRAPA, 1997). Os elementos Ca, Mg e Al foram extraídos com KCL  $1 \text{ mol L}^{-1}$  e a matéria orgânica foi obtida pelo método colorimétrico (EMBRAPA, 1997). O enxofre (S) foi extraído com fosfato monobásico de cálcio ( $\text{CaH}_4\text{O}_8\text{P}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ , conforme preconizado por Van RAIJ et al. (2001). Determinou-se o pH em  $\text{H}_2\text{O}$ , na relação 1:2,5 (solo:solução) em pHmetro previamente calibrado com solução tampão pH 4,0 e pH 7,0 conforme Embrapa (1997). O micronutriente boro (B) foi extraído a quente com solução de  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,125% (Van RAIJ et al., 2001). Ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn), foram extraídos pela solução DTPA  $0,005 \text{ mol L}^{-1} + \text{TEA } 0,1 \text{ mol L}^{-1} + \text{CaCl}_2 0,01 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 7,3, todos eles conforme Van RAIJ et al. (2001).

No ano seguinte, foram realizadas as medições para avaliação do volume de madeira produzido. Foram tomados os diâmetros à altura do peito (DAP) de 20 árvores centrais em cada tratamento, e realizada a cubagem rigorosa da árvore média pelo método de Smalian. O volume real foi calculado pelo produto da área basal da árvore média com a altura média e pelo fator de forma médio (CAMPOS; LEITE, 2006). Para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corretivos mais utilizados na implantação de florestas são de baixa reatividade, pois são solubilizados ao longo do tempo, disponibilizando nutrientes, como cálcio e magnésio, e corrigindo o solo ao longo dos sete anos de cultivo.

A calagem foi feita em área total e sem incorporação, porém a disponibilidade do calcário não foi tão expressiva, provavelmente, devido à baixa reatividade e sua distribuição apenas na superfície do solo. Em concordância com este fato observa-se (Figura 1A) que os valores de pH pouco variam entre os tratamentos. Os valores encontrados situam-se na faixa de, aproximadamente, 4,5 a 5,5, considerados baixos do ponto de vista agrônomo (CFSEMG, 1999). Ainda assim, considerando um PRNT igual a 100, a quantidade de calcário que deveria ser aplicada na área WM, após 18 meses do plantio, é 0,8 toneladas por hectare, enquanto no

tratamento VZ não seria necessário fazer calagem. Quanto os teores de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), observa-se que estes são médios, de acordo com a CFSEMG (1999) (Figura 1B). Entretanto é importante ressaltar que, além destes teores não serem elevados, o eucalipto é mais tolerante ao alumínio trocável do que culturas anuais.

Observa-se que os teores de matéria orgânica (Figura 1C) são baixos no solo da área intocada e menores ainda na área sob cultivo de eucalipto. O pequeno aumento verificado nos quatro primeiros decímetros está relacionado à aplicação do composto organo-mineral na cova. Verifica-se também, um rápido decréscimo da matéria orgânica com a profundidade, o que é esperado nos solos, em geral. Esse incremento da matéria orgânica com o tratamento VZ, embora, ainda em nível baixo, é bastante representativo no aumento da CTC, uma vez que se trata de solo extremamente arenoso (CFSEMG, 1999).

Em solos arenosos o nível crítico para produção de eucalipto é  $6,3 \text{ mg dm}^{-3}$  (CFSEMG, 1999), sendo assim, os tratamentos WM e VZ possuem teores de fósforo no solo suficientes para o desenvolvimento das plantas (Figura 2A) até a profundidade de 40 cm. Além disso, clones de eucalipto são nutricionalmente mais exigentes e, portanto, estão ainda mais sujeitos à deficiência desse nutriente. Observa-se que os teores naturais de fósforo no solo são baixíssimos (CE), tornando a adição desse elemento extremamente importante à produção vegetal.

O potássio é um elemento essencial que atua na manutenção dos estômatos túrgidos, na regulação osmótica celular e na estabilização do pH (ALFENAS et al., 2004). Nas primeiras camadas do solo, mesmo em pequenas proporções, os teores de potássio sem o tratamento VZ apresentam-se maiores nos primeiros três decímetros do solo (Figura 2B). O potássio presente no adubo adicionado tende a ser rapidamente adsorvido nos colóides do solo, pelo deslocamento catiônico e substituição deste pelo cálcio (ROCHA et al., 2004). Além disso, os teores de potássio, em todos os tratamentos, são maiores na camada superficial, devido à ciclagem de nutrientes, especialmente na área de vegetação nativa.

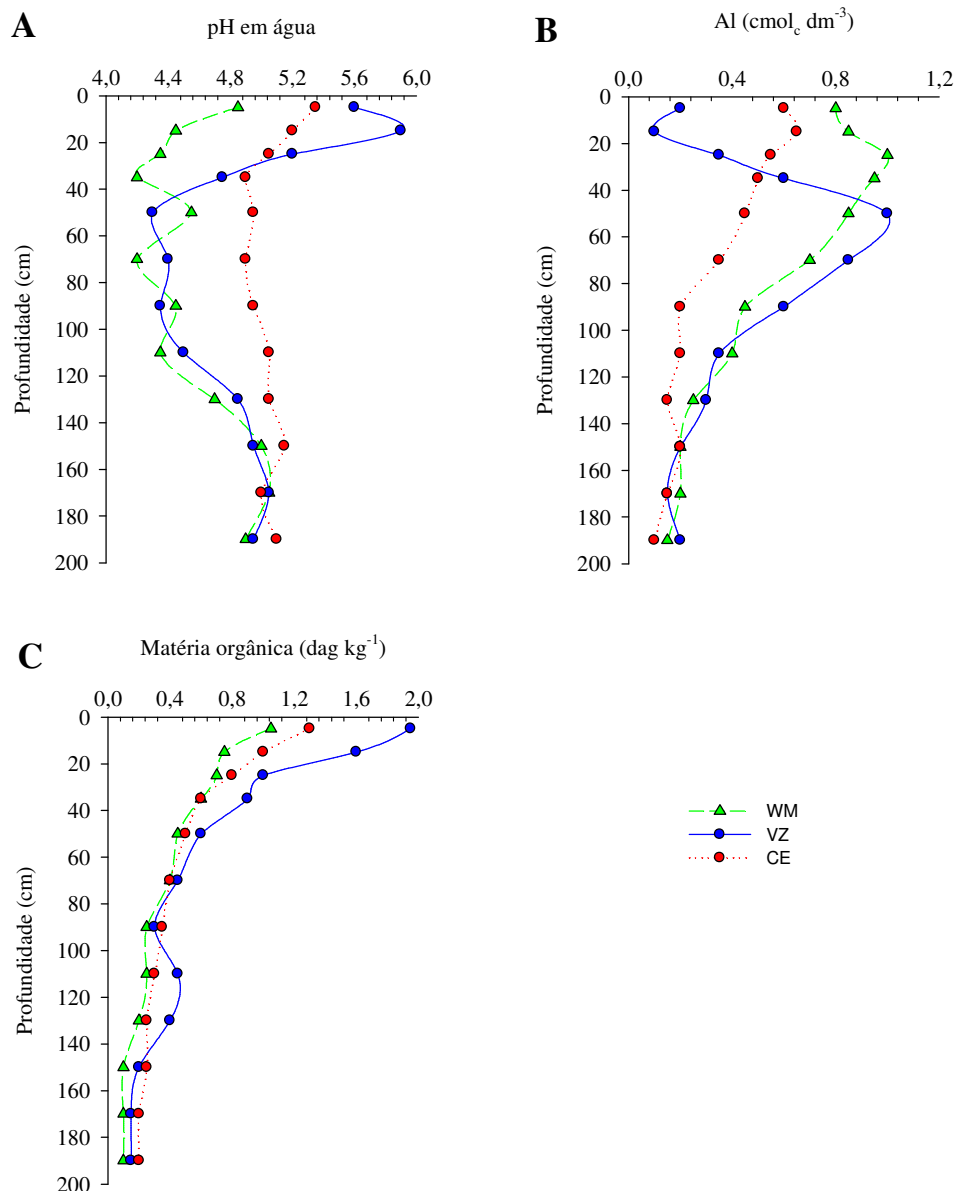
De acordo com a CFSEMG (1999), o nível crítico para o teor de potássio no solo é  $60 \text{ mg dm}^{-3}$  para a cultura do eucalipto, considerando uma produtividade de  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Portanto, em nenhum dos tratamentos este elemento alcançou nível adequado no solo.

O cálcio é necessário no processo de sinalização celular e na determinação da

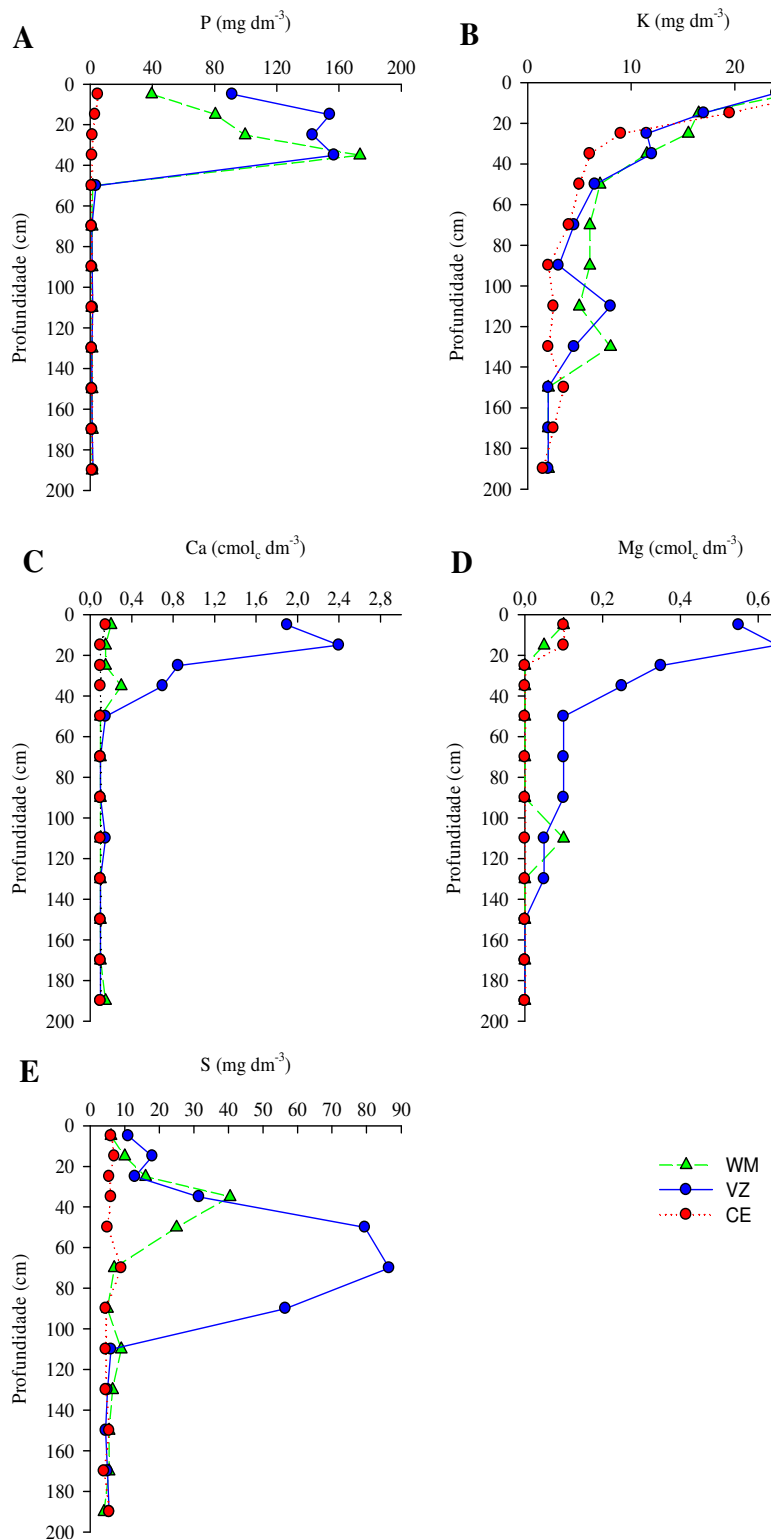
permeabilidade da membrana. Este elemento, quando associado à pectina na lamela média, compõe a parede celular e também participa do processo de divisão e desenvolvimento da célula (ALFENAS et al., 2004). Houve resposta expressiva do cálcio através da adubação organo-mineral (Figura 2C). Isso ocorre quando o cálcio (fornecido pela calagem), uma vez adsorvido na fração coloidal, foi disponibilizado na solução do solo devido à adsorção antagonística com o potássio. Ou

seja, ao adicionar o composto, o potássio concorreu com o cálcio pelo mesmo sítio de ligação no colóide do solo. A alta concentração de cálcio no composto contribuiu também para essa troca iônica com o potássio (ROCHA et al., 2004).

Tem se verificado que o nível crítico do potássio no solo é alterado de acordo com a disponibilidade de cálcio e magnésio, bem como a relação entre ambos (BARROS et al., 1981).



**Figura 1.** Distribuição dos valores de pH (A), alumínio (B) e dos teores de matéria orgânica (C) com a profundidade, nos tratamentos WM, VZ e CE, em área do município de João Pinheiro (MG) e avaliados em Setembro de 2008.



**Figura 2.** Distribuição dos teores de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C), magnésio (D) e enxofre (E) com a profundidade, nos tratamentos WM, VZ e CE, implantados em área do município de João Pinheiro (MG) e avaliados em Setembro de 2008.

O nível crítico de cálcio no solo para o plantio de eucalipto é 0,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (CFSEMG, 1999). Como a amostragem do solo foi feita rente ao

tronco, o tratamento organo-mineral disponibilizou este nutriente nos quatro decímetros superficiais (Figura 2C). Apenas o tratamento com o adubo

organo-mineral disponibilizou tal concentração de cálcio.

O magnésio é essencial para formar a clorofila, sintetizar proteínas, regular o pH celular e o equilíbrio entre cátions e ânions (ALFENAS et al., 2004). Para o equilíbrio da concentração de bases no solo é indicado que se obtenha a relação 3:1 entre cálcio e magnésio, respectivamente (FASSBENDER; BORNEMISZA, 1994). Isto foi proporcionado pela adubação organo-mineral, nos quatro primeiros decímetros do solo. Nos demais tratamentos (Figura 2D) a presença de magnésio é extremamente baixa devido aos baixos teores naturais desse nutriente no solo, mesmo com a aplicação de duas toneladas de calcário dolomítico por hectare, nas áreas de cultivo, porém sem incorporação.

O nível crítico de magnésio é de 0,13 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no solo para a cultura do eucalipto. (CFSEMG, 1999). Observa-se que, somente o tratamento VZ apresentou valores acima deste nível, e apenas nos 40 cm superficiais.

O enxofre atua na formação de etileno e poliaminas. Trata-se de um nutriente de importante na biossíntese de proteínas que apresentam cisteína, metionina e tiamina (ALFENAS et al., 2004). Observa-se que o enxofre deslocou-se mais em profundidade conforme esperado, principalmente, se tratando de solo arenoso (Figura 2E). De acordo com Furtini Neto et al. (1988), teores de enxofre de até 16 mg dm<sup>-3</sup> são considerados suficientes para atender as necessidades nutricionais deste elemento em eucalipto. Os teores encontrados neste estudo ultrapassam em muito esse nível na profundidade de 40 cm a 100 cm.

Principalmente, em solos de cerrado, o aparecimento de sintomas de deficiência de micronutrientes, como o boro, o cobre e o zinco, nos plantios clonais de eucalipto tem se intensificado. Esse fato se deve a alta exigência nutricional de materiais genéticos mais produtivos (RODRIGUES, 2010).

O boro é um micronutriente muito importante no cultivo de Eucalipto. Fisiologicamente, participa do processo de divisão e desenvolvimento celular e de algumas funções da membrana, além da formação da parede celular primária (ALFENAS et al., 2004). De acordo com Barreto et al. (2007), em solos arenosos, em uma região sujeita ao déficit hídrico, todos os clones, mesmo em diferentes doses de boro, obtiveram acréscimo em diâmetro e altura estabelecendo maior acúmulo de matéria seca.

Os teores de boro, em condições naturais, encontram-se abaixo do nível crítico, considerado

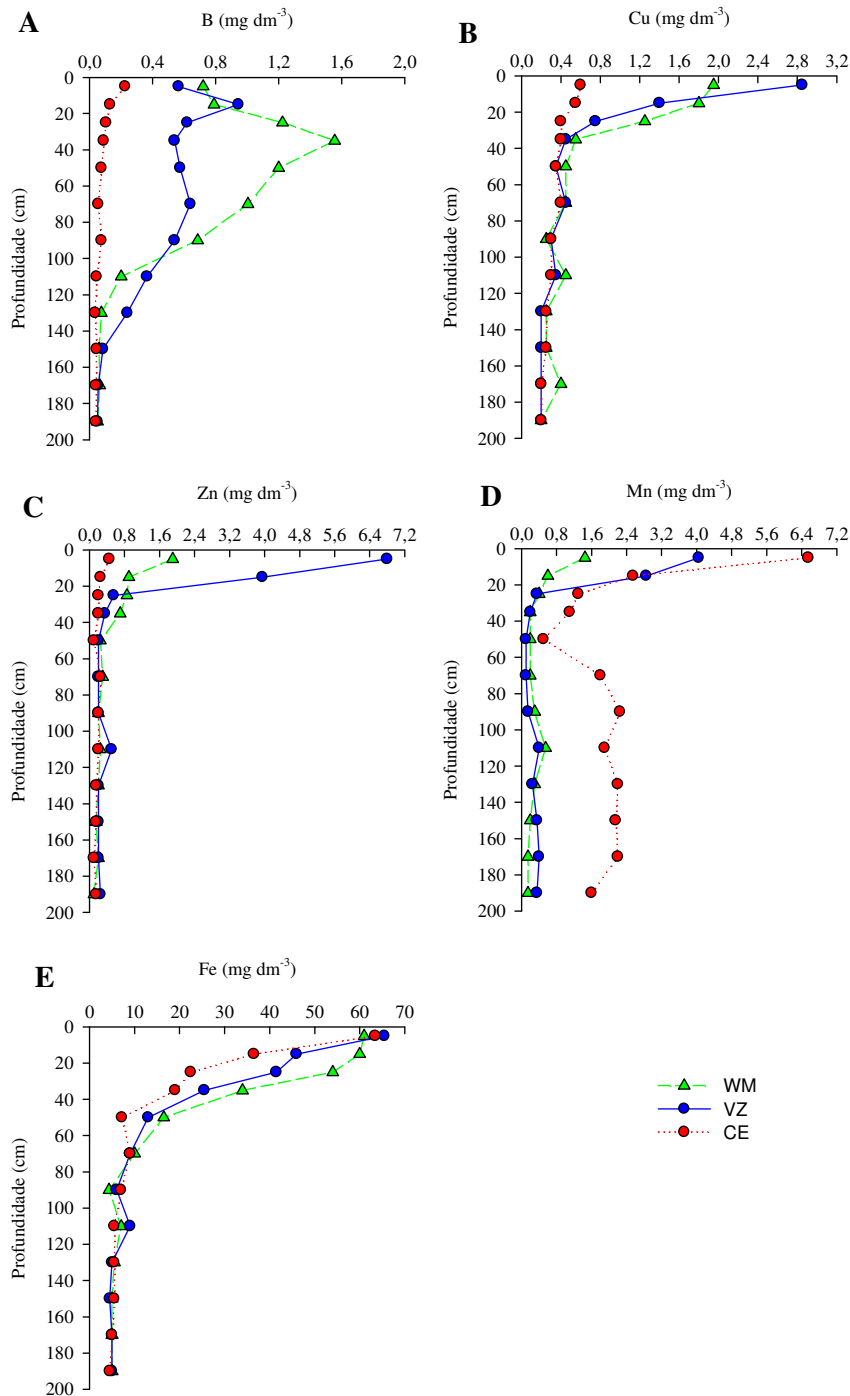
0,37 mg dm<sup>-3</sup> por Silveira et al. (1995), citado por Morais (1999). Todavia com a adubação nos tratamentos WM e VZ (Figura 3A), os níveis de boro ultrapassaram o mínimo requerido para o *Eucalyptus grandis* (material genético do clone usado) até a profundidade de um metro.

O cobre tem grande importância na fotossíntese, pois é ligado à plastocianina. Além disso, está na composição de enzimas, como polifenol, oxidases e do receptor de etileno. Também participa do processo de lignificação da madeira (ALFENAS et al., 2004). É importante ressaltar que o cobre combina com a matéria orgânica, formando complexos orgânico-metálicos estáveis. Entretanto, quando o ambiente da rizosfera está ácido, porções de cobre, antes não absorvidas, tornam-se disponíveis às plantas (RODRIGUES, 2010).

Em solos de cerrado, os níveis críticos de cobre para o desenvolvimento do eucalipto são iguais ou menores a 0,12 mg dm<sup>-3</sup> pelo extrator Mehlich-1 e para o extrator DTPA, devem ser iguais ou menores que 0,09 mg dm<sup>-3</sup> (RODRIGUES, 2010). Portanto, os teores de cobre nos tratamentos WM e VZ encontram-se acima do nível crítico indicado para o solo do cerrado, apenas nos 30 cm superficiais, indicando a deficiência desse elemento nas condições naturais e mesmo nos tratamentos, abaixo dessa profundidade (Figura 3B).

Para Barros e Novais (1990), em regiões de baixa pluviosidade e com solos extremamente arenosos, os sintomas de deficiência de boro e de zinco nos estágios iniciais de crescimento do eucalipto são muito severos. Podem ocorrer sintomas como morte apical e a super-brotação com entrenós muito curtos, devido à planta perder sua dominância apical.

O zinco é importante para a formação de ácidos nucleicos, pois compõe fatores de transcrição e enzimas. Também interfere na fotossíntese e síntese de auxina (ALFENAS et al., 2004). Os sintomas de deficiência de zinco, por exemplo, tendem a desaparecer com o aumento da idade da planta (RODRIGUES, 2010). Segundo Oliveira et al. (1999), o fluxo difusivo do zinco é maior em solos com concentrações menores de argila. Portanto, nessas condições, há maior absorção do nutriente pelas raízes. Entretanto, sua difusão diminui com o aumento da alcalinidade do solo. Também se sabe que, pelo mecanismo de quelatação do zinco com substâncias orgânicas, este pode tornar-se disponível, mesmo em meio alcalino. Todavia, este não é o caso das condições pedológicas da área estudada (Figura 3C).



**Figura 3.** Distribuição dos teores de boro (A), cobre (B), zinco (C), manganês (D) e ferro (E) com a profundidade, nos tratamentos WM, VZ e CE, implantados em área do município de João Pinheiro (MG) e avaliados em Setembro de 2008.

O manganês contribui nos processos de fotossíntese e de lignificação da madeira. Essencial no transporte de elétrons nos cloroplastos e nas reações redox (ALFENAS et al., 2004). O pequeno aumento verificado nos teores de manganês nos dois tratamentos se restringiu aos primeiros 20 cm de

solo (Figura 3D), situando dentro da faixa de níveis médios de manganês conforme estudo de Van Rajj et al. (2001). Observa-se que a ciclagem de nutrientes foi mais eficiente no fornecimento deste elemento, conforme se constata no cerradão (CE) e que, nos tratamentos, os teores de manganês

encontram-se em níveis muito baixos em maiores profundidades (abaixo de 20 cm) no solo.

O ferro é importante no processo de fotossíntese e na respiração devido às reações de redox. Está, também, presente na síntese de clorofila (ALFENAS et al., 2004). Os teores de ferro (Figura 3E), de acordo com Dell et al. (1995), estão em níveis adequados apenas nos primeiros decímetros do solo (dentro da faixa de concentração de 52 a 97

mg dm<sup>-3</sup>). Altos teores de zinco podem induzir deficiência de ferro em eucalipto (SOARES et al., 2001).

O volume estimado para as vinte árvores do tratamento VZ foi de 2,11 m<sup>3</sup> enquanto o tratamento WM atingiu 1,64 m<sup>3</sup>; considerando o espaçamento 3m x 3m, o volume estimado é de 117,14 e 91,28 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estimativa de produção de madeira (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) em sete anos na área de um hectare nos tratamentos WM e VZ, implantados em área do município de João Pinheiro (MG) e avaliados em Setembro de 2009.

Tratamento	Volume em 30 Meses (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume em 7 anos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
VZ	117,14	329,0
WM	91,28	255,6
Diferença	25,86	72,4

De acordo com a análise de variância, a diferença entre os tratamentos foi significativa (Tabela 2). O tratamento VZ foi significativamente

mais produtivo que o WM, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Teste de média do volume médio individual das árvores, aos 30 meses de idade, nos tratamentos WM e VZ, implantados em área do município de João Pinheiro (MG) e avaliados em Setembro de 2009.

Tratamento	Volume médio individual (cm <sup>3</sup> )
WM	82156,76 b
VZ	105435,08 a

O incremento médio anual de eucalipto pode variar de 30-60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, de acordo com a região de implantação da floresta, o material genético de origem e os tratos culturais (ALFENAS et al., 2004). Visto que as condições climáticas (déficit hídrico pronunciado) e a baixa fertilidade natural do solo são desfavoráveis a altas produtividades, os resultados obtidos neste estudo confirmam o baixo incremento médio anual de madeira, em relação às estimativas, em razão das limitações da área.

Na área do tratamento VZ, o incremento anual de madeira foi de 46,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e em sete anos a produtividade esperada foi de 329,0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Na área do tratamento WM, o incremento médio anual de madeira foi de 36,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e em sete anos a produtividade esperada foi de 255,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Portanto, verificou-se um incremento previsto de 72,4 m<sup>3</sup> por hectare, em sete anos, no tratamento VZ, em relação ao praticado pela WM.

Outro fator que importante ser analisado é o custeio da produção, ou seja, se o incremento na produtividade gerado pelo tratamento VZ cobre os custos de produção e se ainda gera lucro maior em relação ao tratamento WM. Para fins de cálculo coletaram-se dados aproximados e hipotéticos do custo de produção para sete anos (R\$ 12,00 por metro estéreo), do valor de venda (R\$ 30,00 por metro estéreo) e o valor de venda do adubo organomineral incluindo o frete (R\$ 280,00 por tonelada).

Segundo Torquato (1983), pode ser utilizado o fator de empilhamento, ou fator de cubicação, para transformação de metro cúbico para metro estéreo. Utilizou-se o fator de cubicação 0,7. Sendo assim, mesmo com o custo de adubação inserido no custo de produção da área de tratamento VZ, este garantiria maior lucro por hectare no valor de R\$ 1.499,42, aos sete anos de idade (Tabela 3).



**Tabela 3.** Análise do lucro líquido dos tratamentos VZ e WM, implantados em área do município de João Pinheiro (MG) e avaliados em Setembro de 2009.

Trat.	Produção (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Produção (st ha <sup>-1</sup> )*	Preço de custo	Valor de venda	Lucro
VZ	329,0	468,56	R\$ 6.168,04	R\$ 14.056,71	R\$ 7.888,67
WM	255,6	365,10	R\$ 4.563,75	R\$ 10.953,00	R\$ 6.389,25

\* st ha<sup>-1</sup> = metro estéreo por hectare

Em meados da década de 70, a técnica da clonagem de Eucalipto foi introduzida no Brasil com a finalidade de um sistema de plantio homogêneo, livre de algumas doenças e com altas produtividades (ALFENAS et al., 2004). A expressão de genes específicos nos clones, que é a herança genética do material progenitor, é de grande importância, ou seja, os clones apresentam as características das espécies que participaram do cruzamento.

A maioria dos clones utilizados, atualmente, é resultante do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*. O clone utilizado neste estudo é proveniente deste cruzamento. *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* são espécies classificadas como susceptíveis à seca, ao contrário da espécie *E. camaldulensis*, a qual possui maior adaptabilidade ao déficit hídrico (ALFENAS et al., 2004).

A profundidade do lençol freático do local de estudo foi medida em três ocasiões: uma no início de 2008 (período das águas), quando o lençol

se encontrava a cerca de 2,5 m, e duas outras (setembro/2008 e outubro/2009) no período da seca. Em 2008, a profundidade do lençol freático (5,10 m), medida no período da seca, estava 1,05 m acima do nível observado em outubro/2009 (6,15m). Esta ampla flutuação sazonal do lençol d'água levou o maciço florestal ao colapso hídrico e, conseqüente morte deste clone, no ano de 2009, quando apresentava pouco mais de três anos de idade. Mesmo assim, foi possível analisar os efeitos benéficos da adubação organo-mineral, neste curto prazo.

## CONCLUSÃO

Aos trinta meses após o plantio, o tratamento que adicionou 1 kg do composto organo-mineral, por cova, permitiu uma produção, estimada para sete anos, significativamente superior àquela obtida com o tratamento mineral adotado pela empresa.

**ABSTRACT:** This study evaluated the effect of an organo-mineral fertilizer on wood yield of a eucalypt clone. The experiment consisted of three treatments: (i) the one regularly used by the company, in terms of liming and fertilization (WM), (ii) the same chemical fertilization, plus the organo-mineral fertilizer (VZ) and a reference treatment, represented by the original condition (Savannah vegetation – CE). Nutritional increments to the soil were evaluated in comparison to the soil of an adjacent area, still under original vegetation. The samples for soil fertility analyses were taken eighteen months after planting, down to a depth of two meter, with two repetitions in each treatment: WM, VZ and Savannah (CE). Evaluation of wood increment was done 30 months after planting. The results of the chemical analyses demonstrated that, in general, improvement in soil fertility in the eucalypt planting was greater in the treatment receiving the organo-mineral fertilizer. The determination of solid volume indicated a significant increase in wood production in the treatment with the addition of the organo-mineral fertilizer, with a projected gain of 72.41 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> after seven years, in relation to the standard treatment (WM). Moreover, the estimated net profit was, approximately, R\$ 1,499.42 per hectare.

**KEYWORDS:** Reforestation. Eucalypt clone. Mineral nutrition.

## REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do Eucalipto**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 2004. 442 p.
- BARRETTO, V.C.M.; VALERI, S.V.; SILVEIRA, R.L.V.; TAKAHASHI, E.N. Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.76. 2007 p.21-33.
- BARROS, N.F; NOVAIS, R.F. **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330p.

BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M.; DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de cerrados em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, Viçosa, v.5, p. 90-103. 1981.

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 2ª.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 470 p.

CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Ed. Viçosa. 1999. 359 p.

DELL, B; MALAJCZUK, N; GROVE, T. S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Canberra: BPD Graphic. 1995. 104 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos e análises de solo**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro: 2006.306 p.

FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química del suelos con énfases en suelos de América Latina**. San José: IICA, 1994. 420 p.

FERNANDES, M.F.; RUIZ, H.A.; NEVES, J.C.L.; MUCHOVEJ, R.M.C. Crescimento e absorção de fósforo em plantas de *Eucalyptus grandis* associadas a fungos micorrízicos em diferentes doses de fósforo e potenciais de água no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 618-625. 1999.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F.R.; MUNIZ J.A.; GUEDES, G.A.A. Efeito do enxofre no crescimento de cinco espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.1. p 1-11. 1988.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.29, n.6, p. 893-901. 2005.

GONÇALVES, J.L.M.; VAN RAIJ, B.; GONÇALVES, J.C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Fundação IAC, 1996. 259 p.

MORAIS, E.J. O uso de boro em plantios de eucaliptos na região norte e noroeste de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO BORO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: IPEF. 1999. P. 2-46.

NOVAIS, R.F. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.6, n.1, p.29-37. 1982.

OLIVEIRA, M.F.G.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A. Fluxo difusivo de Zinco em amostras de solo influenciado por textura, íon acompanhante e pH do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 609-615. 1999.

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biofósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 623-639. 2004.

RODRIGUES, F.A.V. Disponibilidade de cobre para mudas de eucalipto em solos do cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.34, n.6, p. 1923-1932. 2010.

SOARES, C.R.F.S.; GRAZZIOTTI, P.H.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO J.G.; MOREIRA, F.M.S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF: v. 36, n. 2. p. 339-348. 2001.

TORQUATO, M.C. Fator de empilhamento – Implicações técnicas na medição da madeira empilhada.

**Silvicultura**, Brasília, DF, v.8, n.30, p. 230-233. 1983.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas. 2001. 285 p.