

RENATO LARA DE ASSIS

**ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO, PRODUÇÃO DE BIOMASSA E
AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL EM PLANTIOS DE *Eucalyptus urophylla*
SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NA REGIÃO DE BOCAIÚVA (MG).**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador
Prof. MOZART MARTINS FERREIRA

**LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
1996**

**Ficha Catográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA**

Assis, Renato Lara de

Armazenamento de água no solo, produção de bio-
massa e avaliação do estado nutricional em plantios de *Eucalyptus*
urophylla sob diferentes espaçamentos na região de Bocaiúva (MG) /
Renato Lara de Assis. - - Lavras : UFLA, 1996.
72p. : il.

Orientador: Mozart Martins Ferreira.
Dissertação (Mestrado) - UFLA.

1. Eucalipto - Água - Solo. 2. Biomassa. 3. Nutrição mineral.
 4. Espaçamento. 5. Crescimento.
- I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

RENATO LARA DE ASSIS

**ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO, PRODUÇÃO DE BIOMASSA E
AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL EM PLANTIOS DE *Eucalyptus urophylla*
SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NA REGIÃO DE BOCAIÚVA (MG).**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".


APROVADA em 15 de fevereiro de 1996



Prof. Moacir de Souza Dias Júnior



Eng. Florestal Érico José de Moraes



Prof. Mozan Martins Ferreira
(Orientador)

OFEREÇO

À minha família,

pela confiança depositada

Aos meus pais Rui e Terezinha

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Ao professor Mozart Martins Ferreira, pela orientação, dedicação, compreensão e amizade.

Ao professor Moacir de Souza Dias Junior pelas críticas e sugestões apresentadas.

À Mannesmann FI-EL Florestal, pelo apoio concedido na fase de realização do experimento e em particular ao Pesquisador Érico José de Moraes pela valiosa contribuição.

Aos professores Nilson Salvador, Vicente Gualberto pelos constantes incentivos na realização do curso.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo pelos ensinamentos no decorrer do curso.

Ao professor Clemente J. G. Carneiro da Silva pela colaboração e valiosas sugestões.

Ao Professor Antônio Marciano da Silva pela orientação na iniciação científica, apoio e amizade.

À todos os colegas da pós-graduação, em especial aos amigos, Renato Ribeiro Passos, Luís Arnaldo Fernandes, Heron Salazar Costa, Carlos Alberto Silva, Olívio Faccin, Ivo Ribeiro da Silva pela amizade e prazerosa convivência.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, especialmente a Jairo Lima, João Batista Corrêa pelo auxílio na realização das análises físicas e químicas.

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1.....	3
DETERMINAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO EM PLANTIOS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> UTILIZANDO A TÉCNICA DA MODERAÇÃO DE NÊUTRONS.	
1.1 INTRODUÇÃO.....	4
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
1.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
1.3.1 Localização do estudo.....	11
1.3.2 Descrição do experimento.....	11
1.3.3 Caracterização do solo.....	12
1.3.3.1 Caracterização física.....	12
1.3.3.2 Caracterização química.....	14
1.3.3.3 Caracterização mineralógica.....	15
1.3.4 Determinação do armazenamento de água.....	15
1.3.5 Medida da umidade do solo.....	16

	Página
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
1.4.1 Caracterização do solo.....	19
1.4.2 Calibração da sonda de nêutrons.....	21
1.4.3 Comportamento da umidade e do armazenamento de água no solo.....	22
1.5 CONCLUSÕES.....	35
1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
 CAPÍTULO 2	 42
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E DO ESTADO NUTRICIONAL EM PLANTIOS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NA REGIÃO DE BOCAIÚVA (MG).	
2.1 INTRODUÇÃO.....	43
2.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	44
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.3.1 Análise química do solo.....	47
2.3.2 Coleta do material vegetal.....	48
2.3.3 Análise química do material vegetal.....	50
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
2.4.1 Análise química do solo.....	51
2.4.2 Crescimento em altura e circunferência.....	52
2.4.3 Produção de matéria seca da parte aérea.....	55
2.4.4 Avaliação do estado nutricional das plantas de eucalipto.....	60
2.5 CONCLUSÕES.....	66
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
APÊNDICE.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1.1 Caracterização física das diferentes camadas do Latossolo Vermelho Escuro, (Bocaiúva-MG).....	20
1.2 Teores de óxidos do ataque sulfúrico, teores de caulinita e gibbsita (ATD) na fração argila desferrificada e teores de ferro extraído pelo DCB (Fe_d) e oxalato de amônio (Fe_o) do Latossolo Vermelho Escuro.....	20
2.1 Caracterização química das diferentes camadas do Latossolo Vermelho Escuro (Bocaiúva-MG).....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.1 Desenho esquemático da instalação dos tubos de acesso para a sonda de nêutrons.....	18
1.2 Curvas características de retenção de umidade obtidas por secagem de amostras deformadas de diferentes camadas do Latossolo Vermelho Escuro (Bocaiúva-MG).....	21
1.3 Curva de calibração de sonda de nêutrons para o Latossolo Vermelho Escuro...	22
1.4 Precipitação pluviométrica no período de jan./94 a ago./95 na área experimental.....	23
1.5 Variação da umidade do solo sob diferentes espaçamentos em <i>Eucalyptus urophylla</i> na linha e na entrelinha de plantio e sob vegetação de cerrado nos meses de setembro/94 e janeiro/95.....	25
1.6 Variação da umidade do solo sob diferentes espaçamentos em <i>Eucalyptus urophylla</i> na linha e na entre-linha de plantio e sob vegetação de cerrado nos meses de abril e agosto/95.....	26

	Página
1.7 Armazenamento de água na linha e entre linha de plantio nos diferentes espaçamentos em <i>Eucalyptus urophylla</i> e em vegetação de cerrado em diferentes épocas até a profundidade de 1,80 metros.....	28
1.8 Armazenamento de água na linha e entre linha de plantio nos diferentes espaçamentos em <i>Eucalyptus urophylla</i> e em vegetação de cerrado em diferentes épocas até a profundidade de 1,80 metros.....	29
1.9 Variação mensal do armazenamento de água na linha e entrelinhas de plantio no espaçamento 9x1m.....	33
2.1 Crescimento em altura de plantas de <i>Eucalyptus urophylla</i> , aos 37 e 49 meses de idade, nos diversos espaçamentos.....	53
2.2 Crescimento em circunferência à altura do peito de plantas de <i>Eucalyptus urophylla</i> , aos 37 e 49 meses de idade, nos diversos espaçamentos.....	53
2.3 Produção de biomassa da parte aérea por árvore, de <i>Eucalyptus urophylla</i> , sob diferentes espaçamentos, aos 37 meses de idade.....	55
2.4 Produção de biomassa da parte aérea por árvore, de <i>Eucalyptus urophylla</i> , sob diferentes espaçamentos, aos 49 meses de idade.....	56
2.5 Produção de biomassa da parte aérea, dos diferentes componentes das árvores de <i>Eucalyptus urophylla</i> , aos 37 meses de idade, sob diferentes espaçamentos.....	57
2.6 Produção de biomassa da parte aérea, dos diferentes componentes das árvores de <i>Eucalyptus urophylla</i> , aos 49 meses de idade, sob diferentes espaçamentos.....	57

- 2.7 Teor de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio na folha, nos diferentes espaçamentos e épocas de amostragem, em plantio de *Eucalyptus urophylla*..... 60
- 2.8 Teor de magnésio, enxofre e boro na folha, nos diferentes espaçamentos e épocas de amostragem, em plantio de *Eucalyptus urophylla*..... 61

RESUMO

ASSIS, Renato Lara de. **Armazenamento de água no solo, produção de biomassa e avaliação do estado nutricional em plantios de *Eucalyptus urophylla* sob diferentes espaçamentos na região de Bocaiúva (MG)**. Lavras: UFLA, 1996. 72p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)*

O presente estudo foi conduzido na Mannesmann FI-EL Florestal Ltda (MAFLA), no município de Bocaiúva-MG, em plantios de *Eucalyptus urophylla* com diferentes densidades populacionais, obtidas com os seguintes espaçamentos: 3x2m, 3x3m, 3x4m, 3x5m, 4x2,25m, 6x1,5m, 5x1,8m e 9x1m. O capítulo 1 do estudo teve por objetivo avaliar a variação do armazenamento da água no solo no plantio de eucalipto em função dos diferentes espaçamentos, comparativamente à vegetação de cerrado remanescente na área. Os resultados encontrados revelaram comportamento diferencial da água no solo em função do tipo de vegetação e espaçamento adotado no plantio do eucalipto. A maior amplitude de armazenamento de água no solo ocorreu na vegetação de cerrado quando comparado com o eucalipto, independentemente do espaçamento adotado. O armazenamento de água no solo sob vegetação de cerrado foi menor no período de seca, e maior no período chuvoso. Com relação ao plantio de eucalipto, verificou-se que a variação do armazenamento de água no solo está diretamente relacionado ao espaçamento das plantas, tanto na linha quanto na entrelinha de plantio. Os espaçamentos 3x4m e 3x5m foram aqueles mais conservadores de

água e o espaçamento 3x2m o que determinou uma relação mais estreita entre a água armazenada na linha e na entrelinha de plantio. O Capítulo 2 teve por objetivo avaliar o desenvolvimento e o estado nutricional em plantas de *Eucalyptus urophylla* nos vários espaçamentos. Os resultados encontrados revelaram que a altura das plantas aumentou com a redução do espaçamento, enquanto a circunferência à altura do peito apresentou valores superiores em espaçamentos mais amplos. A produção de biomassa da parte aérea por árvore, tendeu a aumentar com o aumento do espaçamento, atingindo no espaçamento 6x1,5m a maior produção, em relação aos espaçamentos que representam a mesma área. Com relação ao estado nutricional das plantas, observou-se grande variabilidade nos teores foliares dos diversos nutrientes, tanto em relação aos espaçamentos quanto à época de amostragem. Não foi possível identificar a contribuição dos diferentes espaçamentos para com os teores foliares dos nutrientes analisados. Nitrogênio e potássio tiveram seus teores foliares reduzidos com o início do período de seca, enquanto que os de enxofre comportaram-se de modo inverso. Com exceção do boro e enxofre, os teores foliares dos demais nutrientes analisados se encontraram abaixo daqueles considerados ótimos para o desenvolvimento do eucalipto.

* Orientador: Mozart Martins Ferreira. Membros da Banca: Moacir de Souza Dias Junior e Érico José de Moraes.

SUMMARY

WATER STORAGE IN SOIL, BIOMASS PRODUCTION AND EVALUATION OF MINERAL NUTRITION IN *Eucalyptus urophylla* PLANTATIONS UNDER DIFFERENT SPACEMENTS AT BOCAIÚVA REGION, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL

The present study was carried out at Mannesman FI-EL Florestal Ltda (MAFLA) at Bocaiúva region, Minas Gerais State, Brazil, in *Eucalyptus urophylla* plantations with different populations densities obtained with the following spacements: 3x2m, 3x3m, 3x4m, 3x5m, 4x2.25m, 6x1.5m, 5x1.8m and 9x1m. The objective of chapter 1 was to evaluate the water storage variation in *Eucalyptus* plantation as a function of different spacements in comparison with the remaining cerrado vegetation in the area. The results showed differential behaviour of soil water as a function of vegetation kind and spacement in *Eucalyptus* plantation. The broader amplitude of water storage in soil occurred at cerrado vegetation in comparison to the *Eucalyptus* plantations in all spacements. The water storage in soil under cerrado vegetation was smaller in the dry period and higher in the rainy period. In relation to *Eucalyptus* plantation it was verified that the water storage variation is directly related to the plants spacement both in the line and in the inter-line of plantations. The 3x4m and 3x5m spacements were more water conservators and the 3x2 m spacement provided the

narrow relationship between the water stored in the line and in the interline plantations. The objective of chapter 2 was to evaluate the development and mineral nutrition of *Eucalyptus urophylla* plantations under different spacements. The results showed that the plant height increased with the spacement reduction, while the circumference at the breast height showed higher values in wider spacements. The biomass production of the aerial part per plant tended to increase with the spacement increasing reaching in the 6x1.5m spacement the higher production in relation to the same area spacements. With relation to the nutritional state of plants, it was observed large variability in the leaf contents of different nutrients in relation to both spacement and sampling epoch. It was not possible to identify the contribution of different spacements in the leaf contents of the nutrients analysed. The leaf content of nitrogen and potassium decreased with the beginning of the dry period while sulfur content increased. With exception of boron and sulfur, the leaf content of all nutrients analysed were lower than those considered optimum for the development of *Eucalyptus* plants.

INTRODUÇÃO GERAL

O eucalipto é a essência florestal mais adotada nos programas de reflorestamento no Brasil. Suas características de rápido crescimento, boa adaptação às condições climáticas e edáficas existentes em expressiva área do país, principalmente as da região de cerrado, explicam a participação importante dessa essência nos povoamentos tecnicamente implantados para fins de reflorestamento (Neves, Gomes e Novais, 1990).

Originário da Austrália, o gênero *Eucalyptus*, com mais de seiscentas espécies, encontrou no Brasil as condições ideais para um notável crescimento. Em função da diversidade das espécies e das adequações em diferentes locais, passou a ser considerado o padrão para produção de matéria prima florestal. Plantado inicialmente em pequena escala, após algumas décadas passou a ocupar extensas áreas em função do tipo de demanda industrial.

A área total plantada no Brasil representa a maior área plantada com eucalipto em todo o mundo. De acordo com Gomes e Couto (1986), Minas Gerais é o estado onde mais se planta o eucalipto, graças principalmente à grande demanda de carvão vegetal de seu parque siderúrgico e de madeira para as fábricas de celulose já instaladas e outras em programação.

A Mannesman FI-EL Florestal Ltda. possui mais de 100.000 ha de plantios de *Eucalyptus* distribuídos em 5 sub-regiões da região de cerrado de Minas Gerais. Em algumas dessas sub-regiões, como é o caso do Município de Bocaiúva, localizado no norte do estado de

Minas Gerais, plantios de eucalipto têm apresentado problemas de crescimento e até mesmo morte das árvores após o terceiro ano do plantio, em decorrência acredita-se, do aumento do consumo de água pelas plantas. Análises dos dados de produção das diversas áreas de plantio da empresa revelam que, espécies e procedências selecionadas para uma determinada condição ecológica, podem apresentar acentuada redução no crescimento e na sobrevivência, quando introduzidas em condições diferentes daquela. O exemplo mais marcante dessa afirmativa é o comportamento do *Eucalyptus grandis* que originário de região úmida da Austrália, não suportou as condições de déficit hídrico acentuado na região norte do estado de Minas Gerais. Visando contribuir para um melhor entendimento do comportamento do eucalipto frente às condições hídricas do solo, desenvolveu-se o estudo.

Para melhor apresentação dos resultados encontrados, o presente trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro, referente à determinação do armazenamento de água no solo em plantios de *Eucalyptus urophylla*, sob diferentes espaçamentos, utilizando a técnica da moderação de nêutrons e o segundo referente ao estudo do estado nutricional e parâmetros de crescimento, das plantas de eucalipto, ambos realizados simultaneamente na mesma área.

CAPÍTULO 1

**DETERMINAÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO EM PLANTIOS DE
Eucalyptus urophylla UTILIZANDO A TÉCNICA DA MODERAÇÃO DE NÊUTRONS**

1.1 INTRODUÇÃO

No Brasil em razão da crescente demanda de matéria prima do setor industrial, tem havido a uma rápida expansão do setor florestal com o cultivo de plantas exóticas de rápido crescimento, tais como os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

Em Minas Gerais o reflorestamento ocorre em praticamente todo o estado, concentrando os maiores plantios na região de cerrado, em razão da topografia favorável à mecanização e ao baixo preço da terra. Entretanto, tem-se observado que, a baixa disponibilidade de água nestas regiões, em consequência de uma precipitação baixa e principalmente da sua distribuição irregular com extensos períodos de seca, vem ocasionando limitação no crescimento das plantas.

Desta maneira, a seleção de espécies e procedências deve ser feita em função de características fisiológicas que regulam a eficiência do uso de água e de nutrientes que são condicionantes da produção florestal, mas também é de elevada importância a determinação de técnicas silviculturais mais adequadas, destacando-se a escolha do espaçamento ideal e da fertilização.

No que diz respeito à densidade populacional, parte dos estudos realizados sobre espaçamentos, tem preocupado não só com a resposta de crescimento em altura das plantas, mas procurado também analisar os efeitos do espaçamento na eficiência de utilização da água, nutrientes e sobrevivência; visto que o espaçamento influencia a taxa de crescimento e

sobrevivência das árvores, a idade de corte, a qualidade final da madeira, as práticas de implantação, de exploração e sobretudo no manejo da cultura.

A utilização de espaçamentos inadequados pode agravar os possíveis efeitos causados pelo déficit hídrico e nutricional, resultando em uma diminuição acentuada do potencial de crescimento das plantas, mortalidade e conseqüente perda de produção. Assim se faz necessário o conhecimento do comportamento hídrico do solo face essa prática silvicultural.

Visando uma melhor utilização do recurso hídrico e uma maior produtividade da cultura, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a variação do armazenamento da água no solo num plantio de *Eucalyptus urophylla* sob diferentes espaçamentos, em comparação com a vegetação de cerrado.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

O *Eucalyptus urophylla* é uma espécie que tem sua origem fora do continente australiano. Nativo da ilha de Timor e outras ilhas vizinhas na Indonésia, onde ocorre em colinas e montanhas entre 500 e 1800 m de altitude; muitas vezes se acha associado com *Eucalyptus alba*, tanto que em algumas áreas, acredita-se existir hibridação entre ambas (Golfari, Caser e Moura, 1978). Sua ocorrência varia de 7 a 10° latitude sul e altitudes de 400 a 3000 m. Entretanto, os melhores povoamentos dessa espécie são encontrados em altitudes compreendidas entre 800 e 1400 m (Golfari, 1975). A região de origem se caracteriza por ocorrência de chuvas de verão, com intensidade entre 1000 a 1500 mm, com uma estação seca não muito severa, dando origem a um período de seca que dura de quatro a cinco meses. A temperatura máxima média do mês mais quente está em torno de 29°C e a temperatura mínima média do mês mais frio varia entre 8 a 12°C.

Foi introduzida no Brasil em 1919, na cidade de Rio Claro (SP), na forma de arboredo, juntamente com outras espécies. Nos dias atuais, pode-se afirmar que o *Eucalyptus urophylla* é muito conhecido e utilizado no Brasil até o presente, sendo considerado uma das espécies de eucalipto mais importantes para as regiões tropicais, por seu marcante vigor. A espécie apresenta um elevado potencial para as diversas regiões brasileiras tendo sido testada de norte a sul e, juntamente com o *Eucalyptus camaldulensis* é considerada uma das espécies de maior plasticidade.

O estudo da competição por água de diferentes coberturas florestais é de grande importância para o entendimento de como a floresta pode influenciar na disponibilidade hídrica de uma área e vice-versa. O conhecimento deste comportamento se faz necessário principalmente devido à importância que adquiriu o reflorestamento com florestas homogêneas de eucalipto e pinus no Brasil e sobretudo pelo fato de que a ausência de dados experimentais tem levado ao surgimento de especulações sobre os possíveis efeitos negativos destas florestas sobre o meio ambiente.

Segundo Talsma e Gardner (1986), o conhecimento do regime de umidade do solo é importante, pois permite comparação dos efeitos de diferentes espécies florestais sobre a água subterrânea e fornece indicação sobre a transpiração comparativa de diferentes espécies arbóreas, visto que a maior parte da demanda de água da transpiração é suprida pela umidade das camadas superficiais do solo. Lima e Reichardt (1977), estudando o padrão anual de variação da água armazenada num perfil de 200 centímetros de solo, durante 2 anos, em plantios de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea*, ambos com idade entre seis e sete anos, e uma parcela de vegetação herbácea natural, concluíram que não houve efeitos adversos no regime da água do solo que pudessem ser devidos ao reflorestamento com aqueles gêneros, quando comparados com a vegetação herbácea natural. Baldy, Poupon e Schoenenberger (1972); Mitchell e Correll, (1989) e Harding et al. (1992), observaram que o regime da água no solo sob plantação de eucalipto não difere significativamente do regime observado sob plantações de outras espécies florestais. Tiwari e Mathur (1983), em trabalho de revisão sobre efeitos causados pelo plantio contínuo de eucalipto, observaram não ser verdadeira a afirmação que as plantações com espécies deste gênero rebaixem o lençol freático.

Bublinec (1972), observando a influência da monocultura do *Pinus* sobre a umidade do solo, concluiu, ao contrário da opinião geral, não haver efeito adverso da monocultura sobre a umidade do solo.

De acordo com Couto (1977), ao se analisar a disponibilidade de água e nutrientes em plantios florestais, observa-se que a intensificação da competição depende da densidade populacional. Na opinião de Nambiar e Zed (1980), quando a água constitui-se no principal fator ambiental limitante, sua disponibilidade para as árvores pode ser amenizada por ações, incluindo aquelas relacionadas com o manejo do solo e técnicas silviculturais como, desbastes e adoção de espaçamentos adequados. O possível efeito da disponibilidade de água sobre a produtividade da floresta em função das mudanças de espaçamento é devido, segundo Golhz, Ewel e Testkey (1990), à influência dos efeitos da área foliar sobre a transpiração e a taxa fotossintética, e consequentemente sobre o seu "status" hídrico. Portanto, espaçamentos mais abertos produzem um maior volume individual, devido a uma maior área para utilização dos recursos minerais, água e luz.

Trabalhos tem sido realizados, principalmente na região dos cerrados, procurando analisar respostas de diferentes espécies à deficiência hídrica no solo (Gomes, 1994; Leles, 1995). Sendo a região de cerrados amplamente utilizada para reflorestamentos e apresentando uma elevada deficiência hídrica, o *Eucalyptus camaldulensis* tem sido uma das espécies mais estudadas. Analisando o comportamento de diferentes espécies de eucalipto no cerrado, Gomes (1994) concluiu que o *Eucalyptus camaldulensis* apresenta um controle dos estômatos mais eficiente quando comparado com o *Eucalyptus urophylla* e o *Eucalyptus pellita*, sendo o último o menos eficiente entre as três espécies, mantendo seus estômatos abertos mesmo nas horas mais quentes do dia. Bernardo (1995), trabalhando com três espécies de eucaliptos, aos 15 e aos 41

meses de idade, observou que o *Eucalyptus camaldulensis* e o *Eucalyptus urophylla* apresentaram uma raiz pivotante bem definida e profunda, ao passo que *Eucalyptus pellita* um sistema radicular mais superficial, sendo assim menos resistente a déficit hídrico.

→ A escolha de espaçamentos na área florestal, principalmente na região de cerrados, é bastante importante em razão da espécie a ser explorada e em função da disponibilidade de água e nutrientes.

No Brasil, os primeiros reflorestamentos foram implantados, na sua grande maioria, com uma área por planta igual ou inferior a 6 m², sem se levar em consideração a espécie e a qualidade do sítio. Segundo Couto et al. (1977), o espaçamento das plantações florestais não deve ser padronizado; mas sim determinado para cada situação, baseando-se principalmente em fatores como: local, hábito de crescimento da espécie, sobrevivência esperada, objetivos do produto, futuros tratos culturais e tipos de equipamentos a serem empregados na exploração da madeira.

A maioria das espécies de eucalipto é muito sensível à competição, ocorrendo assim durante seu crescimento intensa segregação do talhão em estratos (árvores dominantes, árvores dominadas e suprimidas), sendo que a definição do espaçamento ótimo será aquele capaz de produzir o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidades desejáveis, em função da espécie, da qualidade do sítio, da variação genética na população e da interação entre estes fatores (Patiño-Valera, 1986).

Na fase inicial de crescimento de uma floresta, a erva daninha é o principal fator de competição. Paralelamente, vai se desenvolvendo forte competição por luz, água, nutrientes e espaço, sendo que a intensidade dessa competição é função da quantidade de árvores por unidade de área (Balloni e Simões, 1980). A densidade populacional tem comprovado ser uma característica com bastante influência na competição por água e nutrientes.

Fishwick (1976) cita que as vantagens dos espaçamentos reduzidos são principalmente a maior produção de madeira, em menor tempo; obtenção de árvores com troncos menos cônicos e com galhos menores; embora, segundo Rezende, Pereira e Oliveira (1983), tendem a aumentar os custos de produção mais que proporcionalmente à produtividade por área. Enquanto, Pereira, Morais e Nascimento Filho (1983), comentam que espaçamento ótimo para produção de madeira para produção de carvão vegetal, com corte aos 5 anos de idade aproximadamente, deverá estar entre 2,5 a 3,5 m² / planta.

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1 Localização do estudo

O estudo foi conduzido em experimento com *Eucalyptus urophylla*, do programa de pesquisa da Mannesmann FI-EL Florestal Ltda (MAFLA), situado na Fazenda Pé-do-Morro no Município de Bocaiúva-MG, com latitude de 17°20'S, longitude 43°20'W e altitude de 850 metros. O clima da região dos cerrados é classificado como Aw, segundo Köppen, em sua grande extensão, sendo quente e úmido (Reis, 1971). A temperatura nessa região varia de 11 a 35°C, com média de 17°C no mês mais frio e 20,5°C no mês mais quente. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro de acordo com Oliveira, Jacomine e Camargo (1992).

1.3.2 Descrição do experimento

Para a implantação do experimento a área foi submetida a uma destoca. Procedeu-se uma subsolagem até a profundidade de 50 cm e em seguida utilizou-se a grade Bedding, promovendo assim a formação de terraços nas linhas de plantio. Depois de marcadas as parcelas, realizou-se o coveamento. A adubação de plantio constou de 135 gramas por m² com superfosfato simples com 1,5% de boro. O plantio foi realizado em 22/11/91.

A espécie utilizada foi o *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, procedência da Fazenda Itapoã, município de Paraopeba (MG)-MAFLA, considerada uma importante espécie para produção de carvão vegetal no cerrado. Foram utilizados os seguintes espaçamentos: 3x2m, 3x3m, 3x4m, 3x5m, 4x2,25m, 6x1,5m, 5x1,8m, 9x1m. A área experimental total em que se realizou o experimento apresenta uma declividade média de 6%, com uma área de 23,86 hectares.

1.3.3 Caracterização do solo

As amostras para caracterização do solo foram coletadas em uma trincheira com profundidade de 2 metros dentro da área experimental. Coletou-se amostras de 20 em 20 cm para análise química, física e mineralógica. Amostras aleatórias dentro da área experimental foram retiradas nos diversos espaçamentos, tanto na linha de plantio, quanto na entre linha nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, para avaliação da fertilidade do solo, como também amostras indeformadas para cálculo da densidade do solo.

1.3.3.1 Caracterização física

1.3.3.1.1 Granulometria

Amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) após dispersão mecânica (agitação rápida) e química (NaOH 0,1N), foram separadas em peneira de 0,053mm de malha, para a determinação da areia total. Os teores de argila e de silte foram determinados através do método da pipeta (Baver,

Gardner e Gardner, 1972). A fração areia foi fracionada, em conjunto de peneiras de 1,0; 0,5; 0,25 e 0,1 mm.

1.3.3.1.2 Argila dispersa em água e índice de floculação

Amostras de TFSA foram dispersadas em água através de agitação lenta por 4 horas em agitador Wiegner, com velocidade de 25-30 voltas/minutos e o teor de argila foi determinado pelo método da pipeta. Através dos resultados da argila total (AT) e da argila dispersa em água (ADA.), calculou-se o índice de floculação por meio da fórmula: $IF(\%) = (AT - ADA) / AT * 100$

1.3.3.1.3 Densidade de partículas (Dp)

A densidade de partículas (Dp), expressa em $g.cm^{-3}$, foi determinada por meio do método do balão volumétrico com álcool etílico (EMBRAPA, 1979).

1.3.3.1.4 Densidade do solo (Ds)

Para esta determinação utilizou-se amostras indeformadas, retiradas por meio do anel de Uhland, e secas em estufa a 105-110 °C, para determinação do peso seco, que dividido pelo volume do anel, resultaram no valor da densidade do solo (Ds) (Blake, 1965).

1.3.3.1.5 Superfície específica

Utilizou-se o método proposto por Heilman, Carter e Gonzales (1965), utilizando-se o éter monoetilico do etilenoglicol (EMEG) como fase adsortiva, conforme consta em EMBRAPA (1979).

1.3.3.1.6 Curva de retenção da água do solo

A curva de retenção da água do solo foi construída com valores de umidade base peso (U%), determinadas através da unidade de sucção (Grohmann, 1960) e extrator de placa porosa de Richards e Fireman (1943), sendo a retenção de água avaliada nas tensões -0,002, -0,004, -0,006, -0,01, -0,033, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa.

1.3.3.2 Caracterização química.

1.3.3.2.1 Óxidos de ferro

Os óxidos de ferro livres totais (Fe_d) foram extraídos (em três extrações sucessivas) pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), segundo Mehra e Jackson (1960), sendo quantificados por espectrofotometria de absorção atômica. As formas menos cristalinas de óxidos de ferro (Fe_o) foram extraídas (uma extração) pelo oxalato de amônio ácido, conforme Schwertmann (1973), e determinadas através de espectrofotometria de absorção atômica.

1.3.3.2 Ataque sulfúrico

Realizado com a fervura de 2 g de terra fina seca em estufa (TFSE), sob reflexo durante 1 hora em presença de 50 ml de H_2SO_4 ($d=1,47$), determinando-se os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 , segundo Vettori (1969).

1.3.3.3 Caracterização mineralógica

1.3.3.3.1 Caracterização mineralógica da fração argila

A fração argila desferrificada foi submetida à análise térmica diferencial (ATD), onde foram quantificadas os teores de caulinita e gibbsita.

1.3.4 Determinação do armazenamento de água

A definição exata do armazenamento da água (A_L) em uma camada de solo de espessura L , é:

$$A_L = \int_0^L \theta dz$$

Onde θ é umidade do solo em volume e Z , a coordenada vertical de posição ou profundidade. Devido, na maioria das situações mais comuns, não se dispor de um método analítico para integração de $\theta(Z)$, a estimativa do armazenamento verdadeiro foi obtida através do método numérico de integração de Simpson (Bacchi e Reichardt, 1990).

A estimativa do armazenamento através do método de Simpson consiste na seguinte fórmula:

$$\hat{A} = \Delta Z / 3 * [(\theta_0 + 4\theta_{30} + 2\theta_{60} + 4\theta_{90} + 2\theta_{120} + 4\theta_{150} + \theta_{180})]$$

onde θ_0 a umidade volumétrica na superfície do solo, foi introduzido porque o método de Simpson exige número ímpar de pontos para a integração e assumiu-se a umidade na superfície igual à umidade a 30 cm.

1.3.5 Medida da umidade do solo

A medição da umidade do solo foi realizada através do método da moderação de nêutrons, utilizando-se a sonda marca CPN Modelo 503 DR de 50 mci, fonte de Am/Be.

A calibração da sonda de nêutrons consistiu em se obter uma relação entre a leitura do aparelho CPS (contagens por segundo) e a umidade do solo (cm^3 de água por cm^3 do solo). Tendo em vista a dificuldade de se obter a nível de campo uma faixa ampla de umidade, optou-se pela calibração em laboratório.

Para tanto, amostras do solo foram colocadas cuidadosamente em reservatórios (tambores de 200 litros) no sentido de se obter um sistema homogêneo, tanto em umidade como em densidade do solo.

No processo de calibração usou-se uma faixa de valores de umidade, variando de úmido (próximo da saturação) a seco (secagem em estufa). As medidas de umidade para a construção da curva de calibração foram feitas pelo método gravimétrico com 5 amostragens para cada diferente teor de umidade. As amostras foram retiradas por meio de tradagens na região de influência da

sonda de nêutrons. A determinação da densidade do solo teve como objetivo transformar a umidade com base em peso para umidade com base em volume.

Paralelamente, procedeu-se a calibração padrão da sonda em água, usando-se também um tambor de 200 litros, com um suporte no centro para equilibrar o tubo de acesso. Foram realizadas 200 leituras de 32 segundos.

Os valores de contagem da sonda foram tomados de forma relativa, isto é, a relação entre a contagem no solo e a contagem na água (padrão). Com as médias de contagens da sonda no solo (100 valores), na água (200 valores) e as de umidade (5 valores), obteve-se, para cada ponto de calibração, um par de valores de contagem relativa da sonda (CR) e de umidade volumétrica θ ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$).

A escolha da parcela para instalação dos tubos ocorreu levando-se em consideração a escolha de 9 árvores com semelhança em tamanho, diâmetro, sem bifurcação e presença de árvore suprimida. Em cada parcela de cada tratamento (espaçamentos) foram introduzidos verticalmente no solo 2 tubos de alumínio, sendo um na linha de plantio a 0,50 m do tronco da planta central da parcela e o outro tubo no centro da entre linha, todos com comprimento de 2,0 m (Figura 1.1). Os tubos foram instalados, deixando-se uma saliência de 10 cm acima da superfície, visando evitar a entrada de água e a instalação do adaptador para a sonda no momento das leituras. Assim como no eucalipto, na faixa de vegetação de cerrado foram instalados 3 tubos distribuídos aleatoriamente, visando obter dados comparativos de armazenamento de água entre o eucalipto e a vegetação da faixa, que era composta predominantemente das seguintes espécies: aroeira (*Lithraea molleoides*), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*), açoita-cavalo (*Luehea candicans*), cagaita (*Eugenia dysenterica*) e lobeira (*Solanum lycocarpum*).

No espaçamento $9 \times 1 \text{ m}$ foram instalados na entre linha de plantio tubos com apenas 1 metro de comprimento e profundidade útil de 60 cm, espaçados a cada 1 metro (Figura 1.1), visando fazer o acompanhamento da variação do armazenamento de água.

As leituras obtidas por contagem durante 32 segundos, foram feitas a partir dos 30 cm de profundidade, repetindo-se a intervalos de 30 cm até a profundidade de 1,80 m de acordo com a metodologia proposta por Lima e Reichardt (1977). Durante o período experimental as medições da umidade do solo foram realizadas em intervalos aproximados de um mês.

Disposição dos tubos na linha e entre-linha de plantio

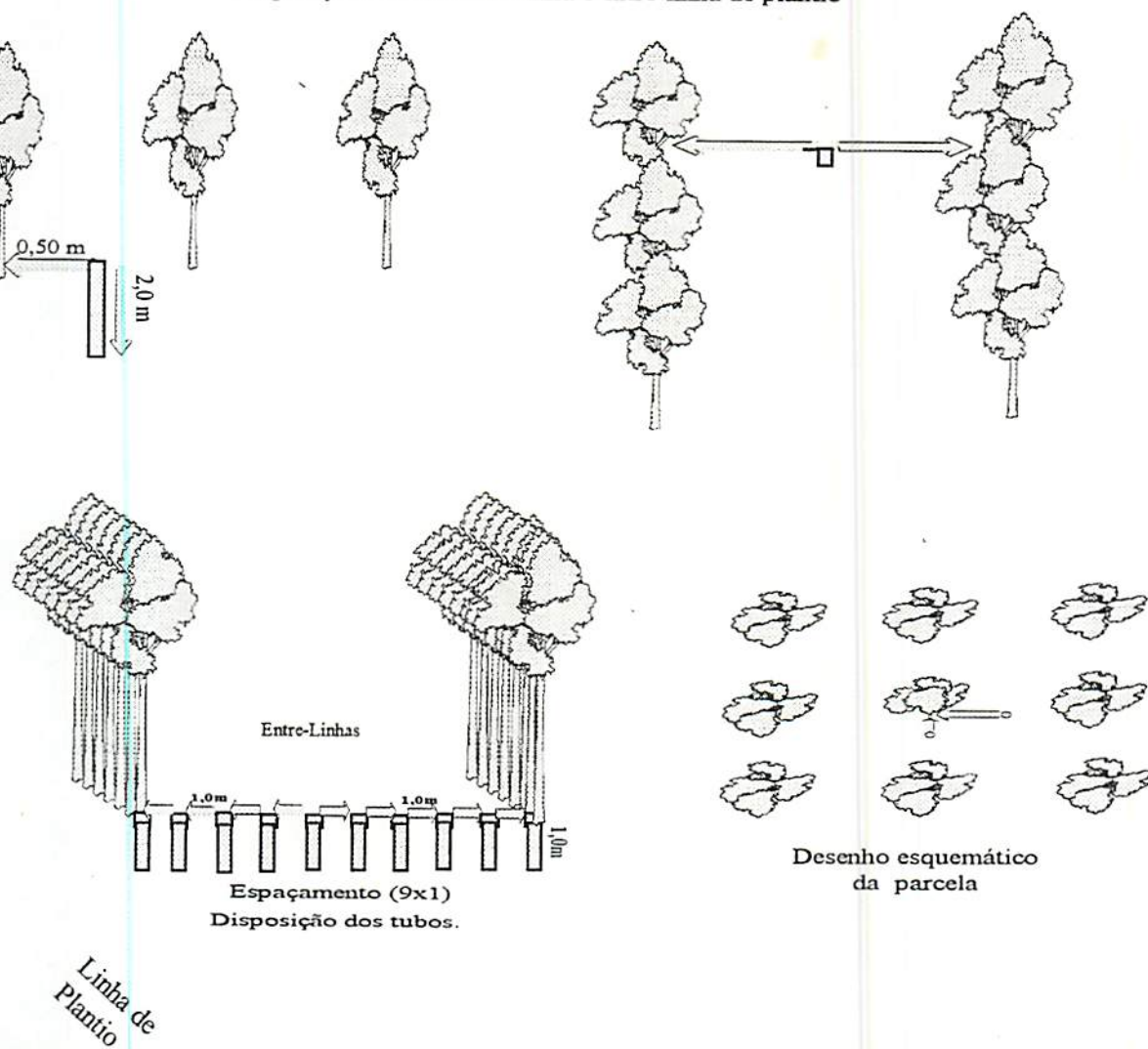


Figura 1.1 Desenho esquemático da instalação dos tubos de acesso para a sonda de nêutrons.

1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.4.1 Caracterização do solo.

As análises físicas e mineralógicas do Latossolo Vermelho Escuro são apresentadas nas Tabelas 1.1 e 1.2, respectivamente. Nota-se que este apresenta textura muito argilosa, fato importante para a capacidade de retenção de água e para o adequado manejo deste solo principalmente na região de cerrado. Observa-se na Tabela 1.2, que na fração argila predomina a caulinita.

Na Figura 1.2 são apresentadas as curvas características de retenção de umidade. Observa-se um comportamento semelhante da retenção de água pelas diferentes camadas.

Tabela 1.1. Caracterização física das diferentes camadas do Latossolo Vermelho Escuro (Bocaiúva-MG).

Característica	Profundidade (cm)			
	0-20	60-80	120-140	180-200
Areia Total (g.Kg ⁻¹)	147.30	132.2	145.6	145.2
Areia Muito Grossa (g.Kg ⁻¹)	17.0	13.0	22.0	22.0
Areia Grossa (g.Kg ⁻¹)	20.0	12.0	15.0	15.0
Areia Média (g.Kg ⁻¹)	25.0	19.0	23.0	20.0
Areia Fina (g. Kg ⁻¹)	65.0	62.0	63.0	64.0
Areia Muito Fina (g. Kg ⁻¹)	20.0	26.0	23.0	24.0
Silte (g. Kg ⁻¹)	137.2	117.1	119.6	127.4
Argila (g. Kg ⁻¹)	715.5	750.7	734.8	727.3
Índice Floculação(%)	79.0	78.0	77.0	82.0
Superf. Específica (m ² .Kg ⁻¹)	178.6	160.7	150.8	163.5
Ds (Mg.m ⁻³)	0.90	1.0	1.0	1.0
Dp (Mg.m ⁻³)	2.74	2.67	2.75	2.74

Tabela 1.2. Teores de óxidos do ataque sulfúrico, teores de caulinita e gibbsita (ATD) na fração argila desferrificada e teores de ferro extraído pelo DCB (Fe_d) e oxalato de amônio (Fe_o) do Latossolo Vermelho Escuro.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Caulinita	Gibbsita	Fe _d	Fe _o
.....%						%Fe ₂ O ₃	
24,96	27,42	10,5	0,76	0,04	86,3	13,7	10,5	0,12

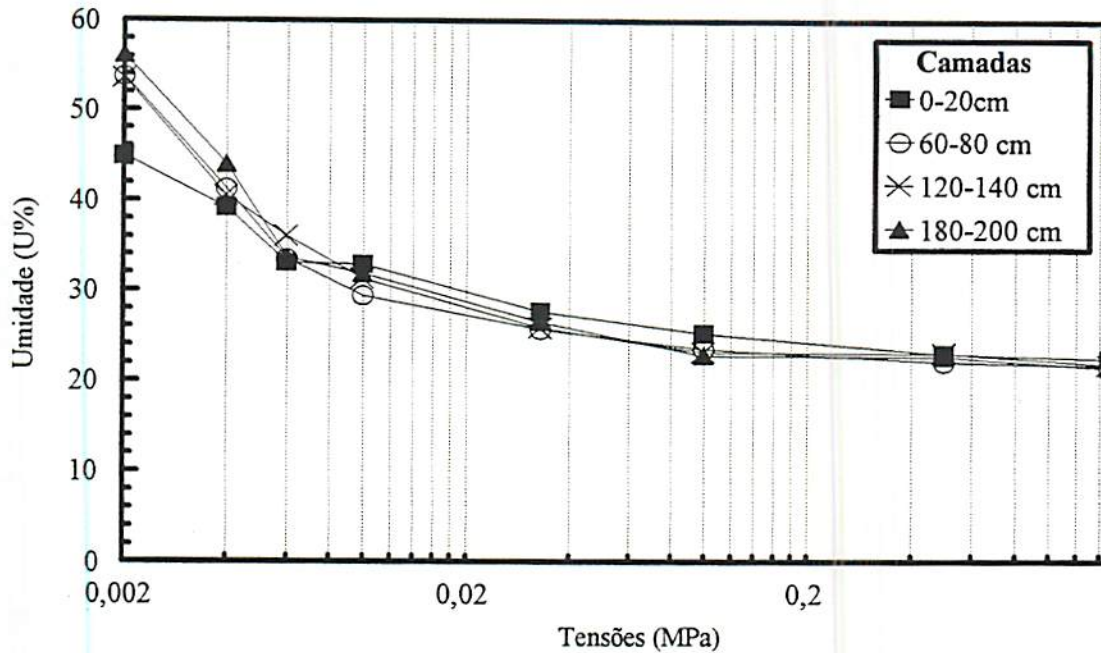


Figura 1.2 Curvas características de retenção de umidade obtidas por secagem de amostras deformadas de diferentes camadas do Latossolo Vermelho Escuro (Bocaiúva-MG).

1.4.2 Calibração da sonda de nêutrons

A curva de calibração da sonda de nêutrons (Figura 1.3) foi obtida por regressão linear ($r=0,99$) entre os pares de valores médios de θ e CR.

De acordo com Costa e Faria (no prelo) coeficientes (r) da ordem de 0,99 são obtidos apenas em calibração de laboratório utilizando solo homogêneo, visto que devido ao problema de variabilidade do solo, as calibrações de campo apresentam coeficientes de correlação menores que 0,95.

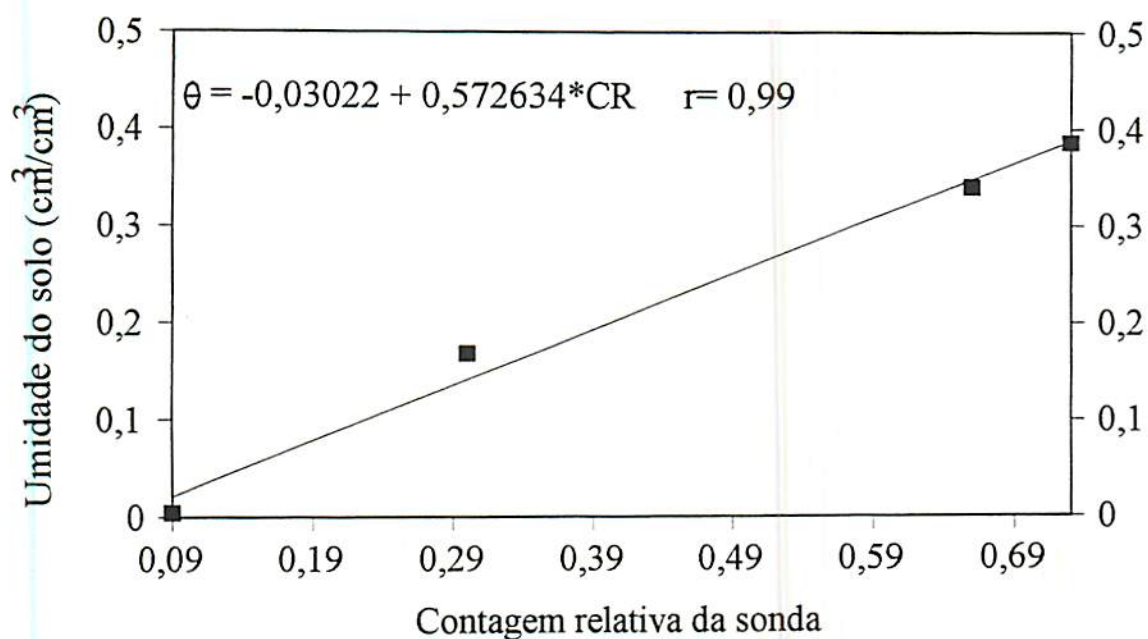


Figura 1.3 Curva de calibração de sonda de nêutrons para o Latossolo Vermelho Escuro.

1.4.3 Comportamento da umidade e do armazenamento de água no solo

Os dados de precipitação (Figura 1.4) na área experimental, importantes no comportamento da umidade do solo, permitem identificar a existência de uma estação chuvosa (novembro a abril) e uma estação seca dominante (maio a outubro).

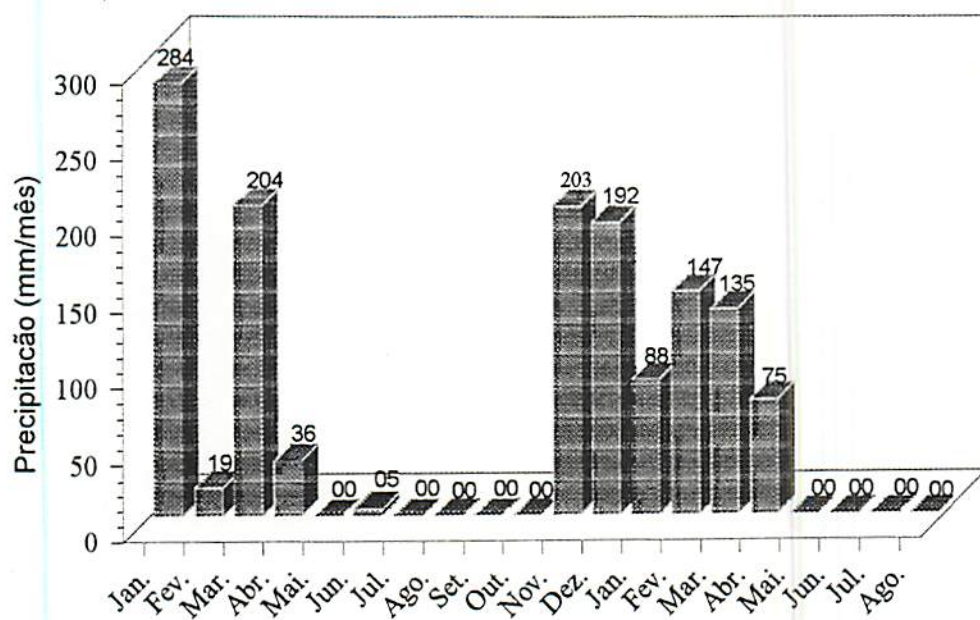


Figura 1.4 Precipitação pluviométrica no período de jan./94 a ago./95 na área experimental.

Fonte: MAFLA

Após análise da umidade do solo ao longo do período experimental, no plantio de *Eucalyptus urophylla*, nos diferentes espaçamentos e na vegetação de cerrado, selecionou-se os resultados dos meses em que se observaram as maiores variações daquele parâmetro, ou seja: setembro, janeiro, abril e agosto (Fig. 1.5 e 1.6). Verifica-se inicialmente que, na vegetação de cerrado ocorre um secamento mais pronunciado nas camadas mais superficiais do solo, no período seco. Segundo Lima (1993) a retirada da água do solo pelas plantas vai depender da configuração do seu sistema radicular, isto é, da distribuição e ocupação efetivas do perfil do solo pelas raízes finas.

No período chuvoso a umidade do solo é mais pronunciada na área sob vegetação de cerrado, possivelmente pela maior interceptação e consequente infiltração da água no solo.

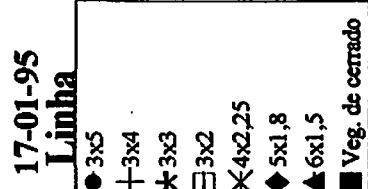
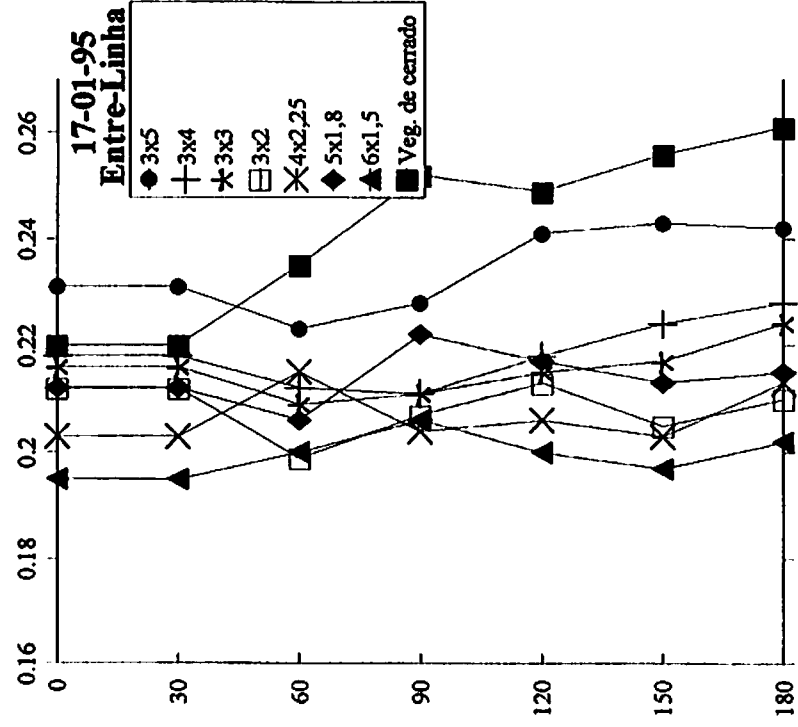
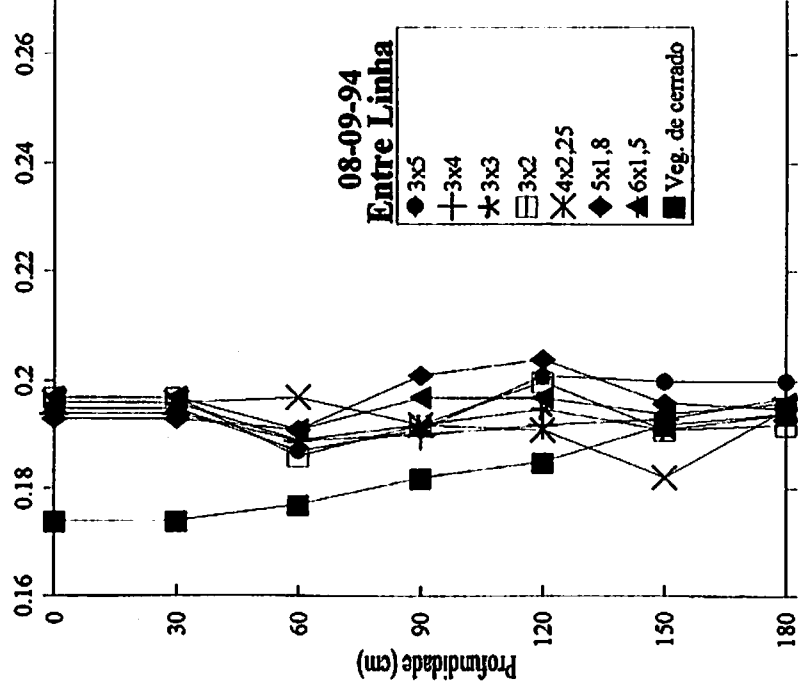
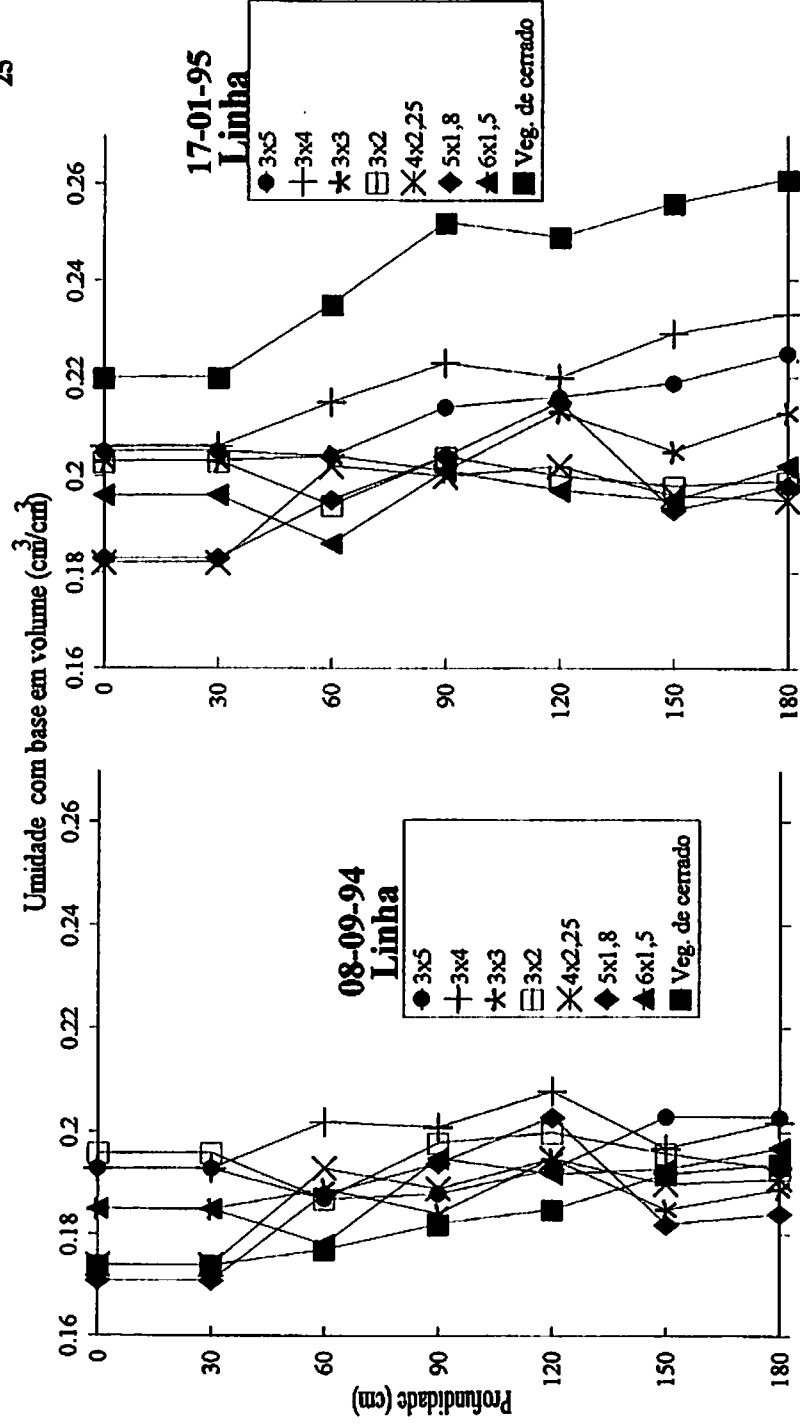


Figura 1.5 Variação da unidade do solo sob diferentes espaçamentos em *Eucalyptus urophylla* na linha e na entre-linha de plantio e sob vegetação de cerrado nos meses de setembro/94 e janeiro/95.

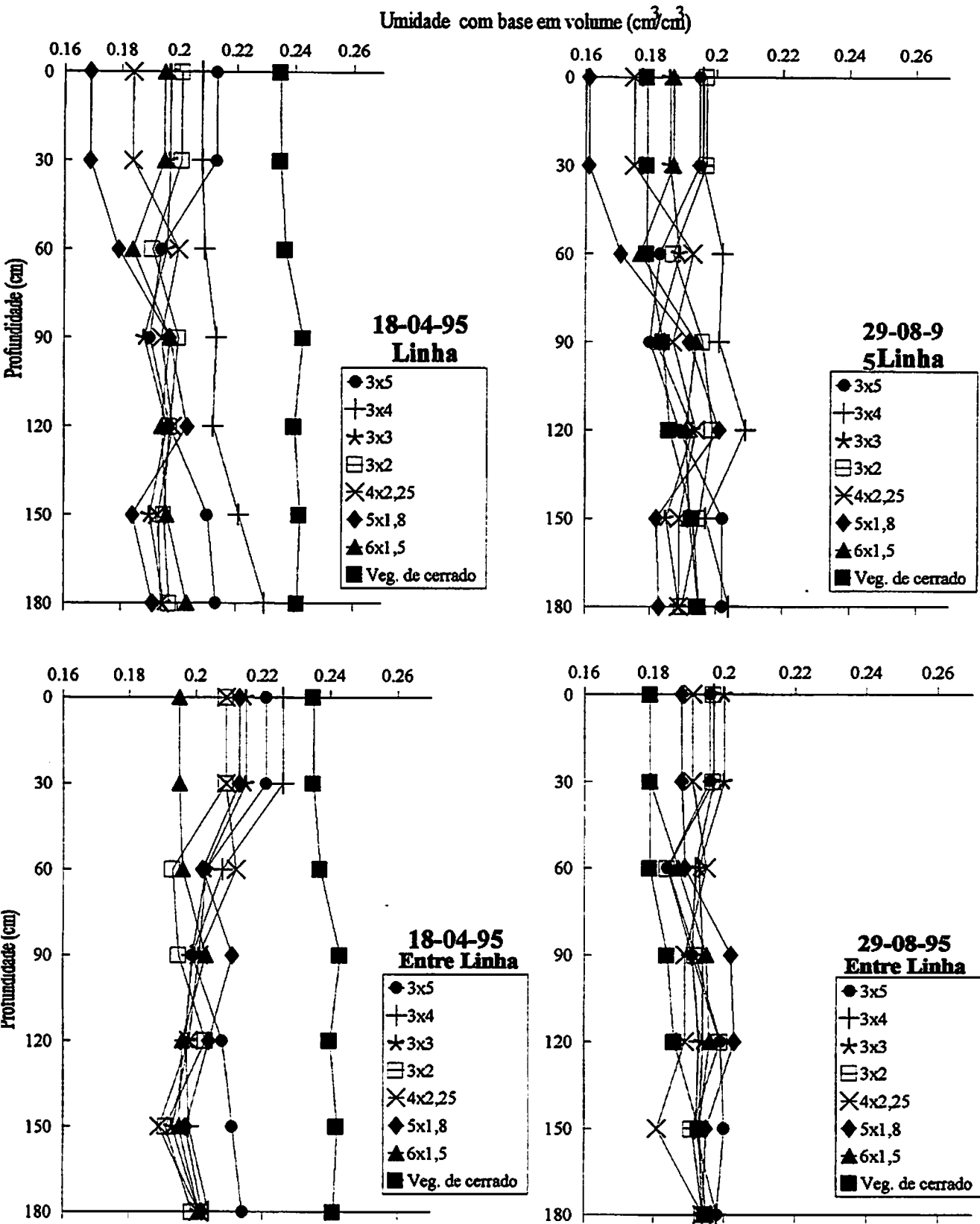


Figura 1.6 Variação da umidade do solo sob diferentes espaçamentos em *Eucalyptus urophylla* na linha e na entre-linha de plantio e sob vegetação de cerrado nos meses de abril e agosto/95.

A rápida resposta na elevação da quantidade de água armazenada na vegetação de cerrado, com o avanço do período chuvoso, deve-se principalmente às condições mais favoráveis; por ser uma vegetação mais densa (menor evaporação), de menor porte, que propicia assim um ambiente mais conservador de água.

De acordo com Leite (1996) conhecendo-se as variações da umidade no solo é possível avaliar a influência das plantas sobre a disponibilidade de água, fazer inferências a respeito da transpiração das plantas, determinar as regiões onde o sistema radicular atua de modo mais efetivo e outros efeitos da vegetação sobre a água do solo.

As Figuras 1.5 e 1.6 revelam duas situações diferentes envolvendo a linha e entre linha da cultura do eucalipto. No período de seca (set/94 e ago/95) independente do espaçamento, observa-se uma menor flutuação da umidade do solo na entre linha de plantio. No período chuvoso, período de maior evapotranspiração da cultura, verifica-se uma queda mais acentuada da umidade do solo na linha de plantio. Leite (1996) observou em estudo com *Eucalyptus grandis* que na média geral em todos os tratamentos, as posições mais afastadas das árvores apresentaram menores variações nos teores de umidade do que as posições mais próximas das árvores; dados que corroboram com o presente estudo.

Com o objetivo de evidenciar as diferenças de comportamento, no que diz respeito ao regime da água do solo, através da comparação do total de água armazenada nos diferentes meses, são apresentadas as Figuras 1.7 e 1.8.

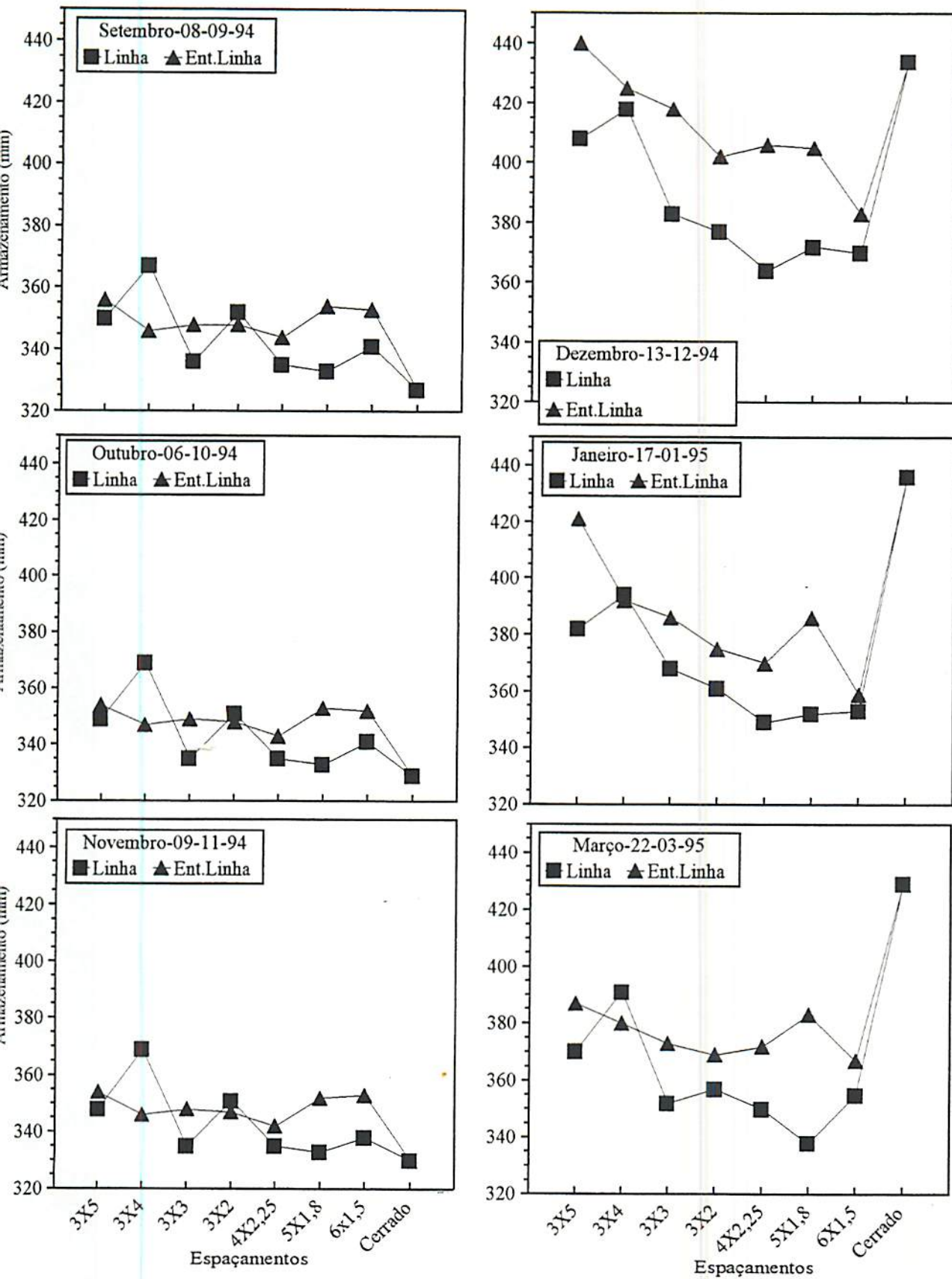


Figura 1.7 Armazenamento de água na linha e entre linha de plantio nos diferentes espaçamentos em *Eucalyptus urophylla* e em vegetação de cerrado em diferentes épocas até a profundidade de 1,80 metros.

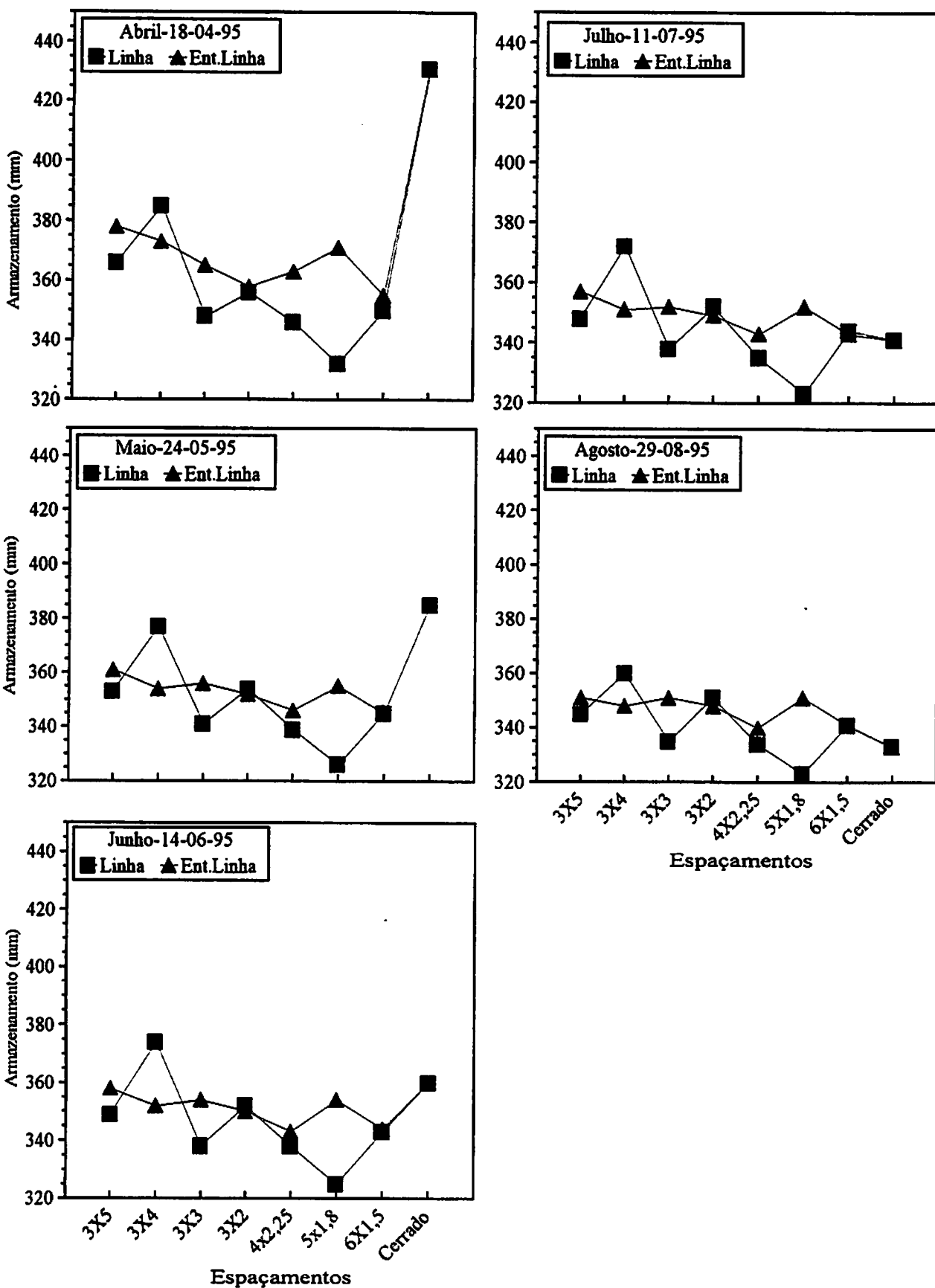


Figura 1.8 Armazenamento de água na linha e entrelinha de plantio nos diferentes espaçamentos em *Eucalyptus urophylla* e em vegetação de cerrado em diferentes épocas até a profundidade de 1,80 metros.

As variações de distribuição da precipitação (Figura 1.4) são de certa forma refletidas nas curvas da marcha mensal da água do solo (Figuras 1.5 e 1.6, 1.7 e 1.8). Observa-se que houve uma elevada variação no armazenamento ao longo dos meses, e que o solo apresenta uma rápida resposta em relação a recarga após a precipitação. Os valores mais baixos de armazenamento, ocorreram no mês de outubro/94.

Verifica-se ainda nas Figuras 1.7 e 1.8 que durante o período experimental a amplitude de variação da água no solo é maior para a vegetação de cerrado em relação ao eucalipto, comportamento também observado por Babalola e Samie (1972) em estudo comparativo envolvendo *Eucalyptus citriodora* e vegetação natural de savana na Nigéria.

Comparando-se agora o armazenamento de água da vegetação de cerrado com o plantio de eucalipto nos diversos espaçamentos, pode se observar um maior armazenamento de água na vegetação de cerrado entre os meses de dezembro a abril de 1995 (período de recarga de água do solo) e um menor armazenamento durante o período seco do ano (período de retirada de água). Resultados também verificados em trabalho realizado por Lima e Reichardt, (1977), com *Eucalyptus saligna* Smith, *Pinus caribaea* em espaçamento de 3x2 metros e vegetação herbácea.

Este maior armazenamento de água no solo com eucalipto, independente do espaçamento, deve-se a exemplo de outras plantas arbóreas, a meios de economia de água, como por exemplo a derrubada de folhas, que representa um mecanismo bem desenvolvido de defesa a longos períodos de estiagem (Pook, 1986 e Oliva et al., 1989). No presente experimento a queda de folhas pelo eucalipto, ficou bem evidenciada a partir do mês de maio. Várias alterações morfológicas e fisiológicas têm sido relatadas em plantas sob estresse hídrico. Essas alterações promovem reduções na área foliar, na produção de biomassa e na partição de matéria seca (Lima, 1996; Blake e Suiter Filho, 1988)

maior
armazenamento
de água no solo
devido ao período
de recarga

De maneira geral, redução na água armazenada causando estresse hídrico na planta, pode reduzir as trocas gasosas na folha, e também, a água disponível para o crescimento de órgãos de suporte. Essa condição pode ser regulada pelo funcionamento das raízes, mas também pode ocorrer sob deficiência de nutrientes (Schulze, 1986). O déficit de água afeta primeiro as raízes, a partir da qual é desencadeada uma série de efeitos em toda planta (Turner, 1986). Assim, as raízes afetadas com o secamento do solo emitem sinais para as folhas, anulando os efeitos do turgor nestas (Passioura, 1988).

O menor armazenamento de água do solo na vegetação de cerrado no período seco (Figuras 1.7 e 1.8), pode ser atribuído a uma maior evapotranspiração desta, sendo que foi verificado que a maioria das espécies predominantes no estudo não tem o caráter decíduo, ou seja, perda de folhas no período seco, fato que possivelmente explicaria a manutenção de uma elevada evapotranspiração e em consequência um menor armazenamento de água no solo. Babalola e Samie (1972), registraram em vegetação natural de savana no período seco do ano uma evapotranspiração de 17,5 mm, enquanto no *Eucalyptus citriodora* era de 13,7mm.

Analisando a variação do armazenamento de água no solo na vegetação do cerrado, observa-se uma queda mais acentuada do que a verificada no solo com eucalipto, após o término da estação chuvosa (abril/95). Corroborando com os resultados do presente trabalho, Zakia (1987) estudando o balanço hídrico ao longo de 2 anos, comparativamente entre *Eucalyptus grandis*, *Pinus caribaea* e vegetação natural de cerrado, observou uma maior evapotranspiração na vegetação de cerrado entre os meses de junho à agosto, resultando numa queda mais acentuada da quantidade de água armazenada nesta vegetação. Já Lima e Freire (1976) obtiveram valores de evapotranspiração da vegetação herbácea natural superiores em 100 % aos do *Eucalyptus saligna* entre os meses de agosto e setembro.

O ambiente mais conservador de água dos espaçamentos 3x4 e 3x5m (Figuras 1.7 e 1.8), na linha de plantio, principalmente no período chuvoso, possivelmente reflete a existência de grande quantidade de raízes laterais próximas aos tubos, causando assim uma superestimação da umidade determinada com a sonda. De acordo com Kramer (1983), o próprio teor de água dos tecidos radiculares mais próximos à árvore, termalizam nêutrons rápidos. Bernardo (1995) trabalhando na região do cerrado com *Eucalyptus urophylla* observou que em espaçamentos mais abertos, ocorre um aumento na quantidade de raízes laterais.

Corroborando com as observações do presente estudo, mas usando raciocínio diferente, Leite (1996) observou em plantio de *Eucalyptus grandis* com diferentes densidades populacionais, que a umidade do solo tendeu a aumentar com o aumento da área útil disponível por planta, aparentemente, mais em decorrência da maior precipitação pluviométrica interna ou menor interceptação, do que da menor taxa de evapotranspiração real.

Nota-se nas Figuras 1.7 e 1.8 que o espaçamento 5x1,8m, causou uma maior diminuição na água armazenada na linha de plantio, enquanto que nos espaçamentos 4x2,25 e 6x1,5m isso ocorreu na entre linha, durante praticamente todo o experimento. Pode-se inferir, que para a região em estudo, estes não seriam espaçamentos recomendados para plantios com eucalipto. Segundo Leite (1996) o efeito dos espaçamentos sobre o regime hídrico do solo pode ocorrer, principalmente, em função de diferenças na quantidade de água transpirada e na interceptação de chuva pela copa. No espaçamento 3x2m em consequência de uma maior densidade populacional, ocorre uma relação mais estreita entre os valores armazenados na linha e na entre linha de plantio, principalmente no período seco.

O espaçamento 3x5m em virtude da maior área livre, foi o que apresentou resultados mais elevados no armazenamento de água na entre linha de plantio. Dados que corroboram com

1. The first part of the document is a letter from the Secretary of the State to the Governor, dated 10th March 1941. It contains a report on the progress of the work done during the last year. The report is divided into two parts: the first part deals with the work done in the field of education, and the second part deals with the work done in the field of social services. The report is a very interesting and valuable document, and it is well worth reading.

The second part of the document is a letter from the Governor to the Secretary of the State, dated 15th March 1941. It contains a reply to the letter from the Secretary of the State, and it also contains some further information on the work done during the last year. The letter is a very interesting and valuable document, and it is well worth reading.

The third part of the document is a letter from the Secretary of the State to the Governor, dated 20th March 1941. It contains a report on the progress of the work done during the last year. The report is divided into two parts: the first part deals with the work done in the field of education, and the second part deals with the work done in the field of social services. The report is a very interesting and valuable document, and it is well worth reading.

The fourth part of the document is a letter from the Governor to the Secretary of the State, dated 25th March 1941. It contains a reply to the letter from the Secretary of the State, and it also contains some further information on the work done during the last year. The letter is a very interesting and valuable document, and it is well worth reading.

trabalho de Leite (1996), que verificou em espaçamentos mais amplos, um aumento da disponibilidade de água no solo.

Analisando nas Figuras 1.7 e 1.8 o comportamento dos espaçamentos de mesma área ($9m^2$), fica evidente a influência da distância entre árvores, na linha de plantio, afetando o armazenamento de água no solo. O espaçamento $5 \times 1,8m$ foi o que causou a maior diminuição da água armazenada na linha de plantio, sendo a queda mais acentuada com o avanço do período seco. Os demais espaçamentos ($3 \times 3m$, $6 \times 1,5m$, $4 \times 2,25m$) tiveram comportamentos semelhantes.

O armazenamento de água entre duas linhas de plantio no espaçamento 9×1 , visando fazer o acompanhamento deste em diferentes períodos, e que foi determinado apenas até 60 cm de profundidade, pode ser visto na Figura 1.9.

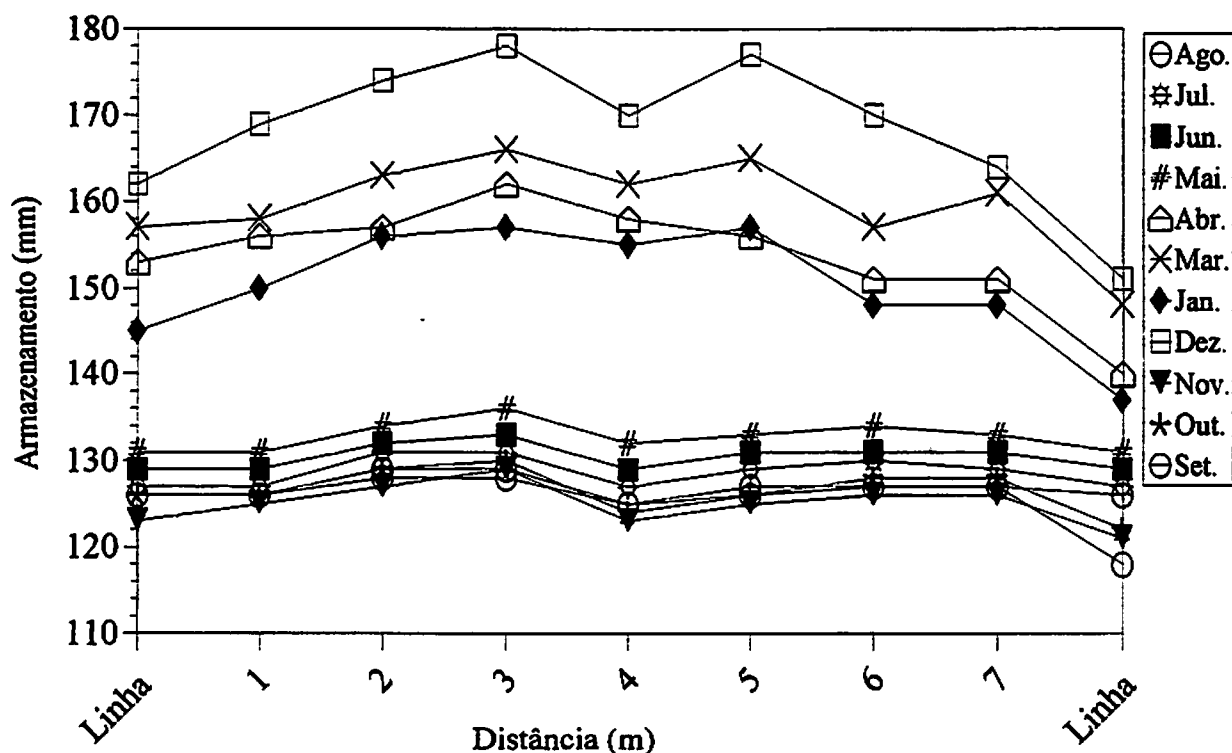


Figura 1.9 Variação mensal do armazenamento de água na linha e entrelinha de plantio no espaçamento 9×1 .

Devido à grande área exposta entre as linhas de plantio, foi observado durante toda a condução do experimento, uma grande quantidade de ervas daninhas, competindo com o eucalipto por água e nutrientes.

Nota-se na Figura 1.9 que durante o período seco do ano (maio a novembro), ocorreu uma pequena variação do armazenamento, devido possivelmente à presença de maior quantidade de radículas, próximas aos tubos instalados nas linhas de plantio. Lima (1983) observou que a concentração do sistema radicular nas camadas superficiais do solo faz com que estas funcionem como camadas ativas do ponto de vista hidrológico. Embora haja recarga da água armazenada pelas chuvas nesta camada, sua exaustão pela transpiração das árvores, definem um regime de alta variação do teor de umidade do solo ao longo do ano.

Durante o período chuvoso, o padrão de variação da umidade do solo é maior, em função da variação da precipitação mensal e das camadas hidrológicamente mais ativas, responsáveis por maiores variações nos teores de umidade, principalmente na linha de plantio.

A Figura 1.9 mostra que há um aumento no armazenamento de água da linha até o centro da entre linha de plantio, o que reflete, o efeito depressional das plantas na linha de plantio. A diminuição do armazenamento verificada no centro da entre linha pode ser explicada pela presença de ervas daninhas e brotações de outras espécies, competindo no consumo de água e nutrientes com o eucalipto.

1.5 CONCLUSÕES

O armazenamento de água no solo sob vegetação de cerrado foi menor no período de seca e maior no período chuvoso, quando comparado ao do solo sob eucalipto nos diversos espaçamentos.

No período de seca o secamento da camada superficial do solo foi mais pronunciado na vegetação de cerrado.

Durante o período de seca o maior consumo da água do solo ocorreu na linha de plantio, independente do espaçamento do eucalipto.

No espaçamento 5x1,8m ocorre as maiores depressões na água armazenada na linha de plantio, e enquanto que nos espaçamentos 4x2,25m e 6x1,5m as maiores depressões ocorreram na entre linha.

Os espaçamentos mais amplos, ou seja 3x4m e 3x5m, foram os mais conservadores de água no solo, principalmente no período de chuva.

O espaçamento 3x2m proporcionou uma relação mais estreita entre os valores armazenados na linha e entre linha de plantio.

No espaçamento 9x1m, ocorreu um menor armazenamento de água tanto na linha quanto na entrelinha de plantio, notadamente com o avanço do período seco.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BABALOLA, O.; SAMIE, A.G. The use of a neutron technique in studying soil moisture profiles under forest vegetation in the northern Guinea zone of Nigeria. **Tropical Science**, London, v.14, n.2, p.159-168. 1972.
- BACCHI, O.O.S.; REICHARDT, K. **A sonda de nêutrons e o seu uso na pesquisa agrônômica**. Piracicaba. Universidade de São Paulo - Centro de Energia Nuclear na Agricultura. 1990. 84p. (Boletim Didático).
- BALDY, C.; POUPON, D.; SCHOENENBERGER, A. Etude des variations de la teneur en eau du sol fonction du couvert vegetal en Tunisie du nord. *Annales de l'Institut National de Recherches Forestières de Tunisie*, 4(3), 40 p. In: **FORESTRY ABSTRACTS**, London, v.33, n.1, p.41, Jan. 1972. (Abst. 318).
- BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais**. Piracicaba: IPEF, 1980. 16p. (Série Técnica, 3).
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4 ed. New York: John Wiley, 1972. 498p.
- BERNARDO, A.L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1995, 102p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BLAKE, G.R. Particle density. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling: Part 1**. Madison: American Society of Agronomy. 1965, p.371-373. (Agronomy, 9).

- BLAKE, T.J.; SUTTER FILHO, W. Drought tolerance, growth partitioning and vigor in eucalypt seedlings and rooted cuttings. *Tree Physiol.*, v.4, n.4, p.325-35, 1988
- BUBLINEC, E. Influence of Pine monocultures on momentary soil moisture. *Acta Instituti Forestalis Zvolenensis* (1972) 3, 125-160 FORESTRY ABSTRACTS, London, v.35 n.7, p.342, July 1974. (Abst. 3470).
- COSTA, A.C.S.; FARIA, R.T. Calibração de duas sondas de nêutrons em condições de campo e de laboratório para três latossolos do Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas. (no prelo).
- COUTO, L. **Influência do espaçamento no crescimento de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano.** Viçosa: UFV, 1977, 54p. (Tese M.S.).
- COUTO, L.; BRANDI, R.M.; CONDÉ, A.R.; PAULA NETO, F. Influência do espaçamento de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, MG. *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.2, p.57-71, 1977.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamentos de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.
- FISHWICK, R.W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. *Brasil Florestal*, Rio de Janeiro, v.7; n.26, p.13-23, 1976.
- GOLHZ, H.L.; EWEL, K.C.; TESTKEY, R.O. Water and forest productivity. *Forest ecology and management*, Netherlands, v.30, n.1, p.1-18, 1990.
- GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento.** Belo Horizonte, PRODEPEF, 1975. 65p (Série Técnica, 3).
- GOLFARI, L.; CASER, R.L.; MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil; (2ª aproximação).** Belo Horizonte: PRODEPEF, 1978. 66p.(Série Técnica, 11).

- GOMES, R.T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais.** Viçosa, UFV, 1994. 85p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas.)
- GOMES, J.M.; COUTO, L. **Produção de mudas de eucalipto.** Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.12, n.141, p.08-14, set. 1986.
- GROHMANN, F. **Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo.** *Bragantia*, Campinas, v. 19, n.21, p.319-329, abr. 1960.
- HARDING, R.J.; HALL, R.L.; SWAMINATH, M.H.; SRINIVASA MURTHY, K.V. **The soil moisture regimes beneath forest and an agricultural crop in southern india- measurements and modelling.** In: CALDER, I.R.; HALL, R.L; ADLARD, P.G. (ed). **Growth and water use of forest plantations.** Oxford: John Wiley & Sons, 1992. p.244-269.
- HEILMAN, M.D.; CARTER, D.L.; GONZALES, C.L. **The ethylene glycol monoethyl ether technique for determining soil surface area.** *Soil Science*, Baltimore, v.100, p.409-413. 1965.
- KRAMER, P.J. **Water relations of plants.** New York: Academic Press, 1983. 489p.
- LEITE, F.P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais.** Viçosa: UFV, 1996. 90p. (Tese - Mestrado em Solos e nutrição de Plantas.)
- LELES, P.S.dos S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos.** Viçosa, UFV, 1995. 133p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas.)
- LIMA, P.C. de.; **Acúmulo e distribuição de matéria seca, carboidratos e macronutrientes em mudas de *Eucalyptus* spp em solos com diferentes potenciais hídricos.** Viçosa: UFV, 1996, 106p. (Tese- Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- LIMA, W. de P. **Impacto ambiental do eucalipto.** São Paulo: EDUSP, 1993. 301p.
- LIMA, W. de P. **Soil moisture regime in tropical pine plantations and in "cerrado"vegetation in the state of São Paulo, Brazil.** Piracicaba, IPEF, Piracicaba, v.23, p.5-10, out 1983

- LIMA, W. de P.; FREIRE, O. Evapotranspiração em plantações de eucalipto e de pinheiro e em vegetação herbácea natural. Piracicaba, IPEF, Piracicaba, v.12, p.103-117, set 1976.
- LIMA, W. de P.; REICHARDT, K. Regime da água do solo sob florestas homogêneas de eucalipto e de pinheiro. Piracicaba: CENA, 1977. 31p. (Boletim Científico-043)
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clays Minerals*, Clarkson, v.7, n. 2, p.317-327, Nov 1960.
- MITCHELL, B.A.; CORREL, R.L. 1987. The soil water regime in a young radiata pine plantation in southeastern Australia. *New Forests*, 1:273-289. In: *Forestry Abstracts*, London, v.50, n8, p.4430, Aug 1989. (Abst. 4430).
- MOURA, V.P.G. Introducion de especies/origenes de Eucalyptus L'her en Brasil-uma revision. In: *Symposium sobre Silvicultura Y Mejoramiento Genetico de especies forestales*, Buenos Aires: CIEF, 1987. V.1, p. 128-54.
- NAMBIAR, E.K.S.; ZED, P.G. Influence of weeds on the water potencial, nutrient content and growth of young radiata pine. *Australian Journal Forestry Research*, Netherlands, v.10, n.2, p.279-88, 1980.
- NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: *Relação Solo-Eucalipto*. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330p.
- OLIVA, M.A.; BARROS, N.F.; GOMES, M.M.S.; LOPES, N.F. Seca de ponteiros em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em relação a estresse hídrico e nutrição mineral. *Revista Árvore*, Viçosa, v.13, n.5, p.19-33, 1989.
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. *Classes gerais de solos do Brasil*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- PASSIOURA, J.B. Root signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. *Australian Journal. Plant Physiology*, Eart Melborne, v.15, n.8, p. 687-93, 1988.

- PATIÑO-VALERA, F. **Variación genética em progênes de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento.** Piracicaba, ESALQ, 1986. 192p. (Mestrado em Engenharia Florestal).
- PEREIRA, A.R.; MORAIS, E.J.; NASCIMENTO FILHO, M.B. **Implantação de florestas de ciclos-curtos sob novos modelos de espaçamento.** *Silvicultura*, São Paulo, v.8, n.28, p. 429-32, 1983.
- POOK, E.W. **Canopy dynamics of *Eucalyptus maculata* Hook. IV constrasting responses to two severe droughts.** *Australian Journal of Botany*, Melborne, v.34, n.13, p.1-14, Sep 1986.
- REIS, A.C. de S. **Climatologia dos cerrados.** In: FERRI M.G. (ed) **3 Simpósio sobre cerrado.** São Paulo: Edgard Blucher, 1971. P.15-25.
- REZENDE, J.L.P.; PEREIRA, A.R.; OLIVEIRA, A.D. **Espaçamento ótimo para produção de madeira.** *Revista Árvore*. Viçosa, v.7, n.1, p.30-43, jan 1983
- RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M. **Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils.** *Soil Science*, Baltimore, v.56, n5, p. 395-404, 1943.
- SCHWERTMANN, U. **Use of oxalate for Fe extractions from soils.** *Canadian Journal of Soil Science*, Baltimore, v.53, n.12, p.244-246, 1973.
- SCHULZE, E.D. **Whole-plant responses to drought.** *Australian Journal Plant Physiology*, East melborne, v. 13, n.15, p.127-141, Aug 1986
- TALSMA, T.; GARDNER, E.A. **Soil water extraction by a mixed eucalypt forest during a drought period.** *Australian Journal of Soil Research*, London, v24, n.3, p.25-32, Jan 1986.
- TIWARI, K.M.; MATHUR, R.S. **Water consumption and nutrient uptake by eucalypts.** *Indian Forester*, delva Dun, v.5, n.8, p.851-859, May 1983.
- TURNER, N.C. **Adaptation to water deficits: A changing perspective.** *Australian Journal Plant Physiology*, East melborne, v. 13, n.15, p.175-190, Aug 1986
- VETTORI, L. **Métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro:DPFS-M.A., 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).

ZAKIA, M.J.B. **O balanço hídrico, levando-se em conta o sistema solo-planta-atmosfera, de quatro tipos de coberturas vegetais na região de Grão Mogol, MG.** Piracicaba, ESALQ, 1987. 136p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal).

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E DO ESTADO NUTRICIONAL EM PLANTIOS DE *Eucalyptus urophylla* SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NA REGIÃO DE BOCAIÚVA (MG).

2.1 INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais é o maior parque siderúrgico do país, com praticamente todo o carvão consumido de origem vegetal. Este aspecto fez com que houvesse uma exploração irracional das matas nativas, principalmente do cerrado.

A necessidade de utilização de uma fonte de energia renovável fez com que se introduzissem espécies de rápido crescimento, representadas na sua maioria pelos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

Os plantios com eucaliptos para reflorestamento situam-se em grande parte na região de cerrado, que normalmente apresentam solos com baixa fertilidade natural e elevado déficit hídrico.

Atualmente, as empresas reflorestadoras, principalmente na região de cerrado estão empenhadas no desenvolvimento de técnicas visando aumentar a produtividade dos plantios, sendo contemplados estudos envolvendo adoção de novos espaçamentos, novas técnicas de manejo da cultura, utilização de espécies adaptadas as condições adversas da região, etc. No que diz respeito a espaçamentos, sabe-se que na sua definição deve-se ter em mente aspectos relacionados aos custos de implantação, produção e competição por água e nutrientes.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento e o estado nutricional em plantio de *Eucalyptus urophylla* sob vários espaçamentos na região de Bocaiúva (MG).

2.2 REVISÃO DE LITERATURA

Na implantação de plantios de eucalipto na região de cerrados deve-se levar em consideração, a baixa disponibilidade de nutrientes no solo. Assim se faz necessário a seleção de espécies com elevada eficiência nutricional e métodos eficientes de manejo, objetivando a uma maior produtividade. Devido à má distribuição das chuvas na região de cerrado, a utilização de práticas conservacionistas visando a conservação da água e o plantio de espécies com um sistema radicular mais profundo, são práticas relevantes para o sucesso do empreendimento florestal.

Um dos aspectos importantes no estudo da competição por nutrientes e água está relacionado ao sistema radicular, devido à importância, principalmente das raízes finas, nos processos de absorção de água e nutrientes (Reis e Reis, 1993).

Pereira (1990), observou comparando diferentes espaçamentos e idades das plantas que o *Eucalyptus urophylla* apresentou maior conteúdo de todos os nutrientes estudados do que o *Eucalyptus grandis*. Foi constatado ainda que, em espaçamentos mais densos, e com idades mais avançadas, as plantas acumularam maior quantidade de nutrientes.

Entretanto, a influência do espaçamento sobre o crescimento em altura em plantios de florestas homogêneas de eucalipto é motivo de muitos estudos. Balloni e Simões (1980), observaram que existem determinadas situações onde a altura média das plantas aumenta com o

espaçamento e outras onde ocorre o contrário. Os autores afirmaram que, em espaçamentos muito fechados, a altura média diminui, em função do grande número de árvores dominadas.

Couto (1977), estudando cinco diferentes espaçamentos para *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, até a idade de 93 meses, verificou que a altura e o diâmetro médio das plantas aumentaram com o aumento do espaçamento. Em estudo realizado na região dos cerrados, nos espaçamentos 4x3m, 3x3m e 3x1,5m com três espécies de eucalipto, Bernardo (1995) concluiu que estas apresentaram respostas diferenciadas quanto ao crescimento em altura e diâmetro. O *Eucalyptus urophylla* apresentou maior altura no menor espaçamento; o *Eucalyptus camaldulensis* apresentou a maior altura no maior espaçamento, e o *Eucalyptus pellita* se mostrou indiferente aos diversos espaçamentos.

De modo geral, as maiores respostas em crescimento em diâmetro das plantas estão relacionadas com o aumento no espaçamento (Vale et al., 1982; Patiño-Valera, 1986; Silva, 1990; Campos et al., 1990; Gomes, 1994).

Leles (1995) verificou em plantios de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* que a altura média das plantas não foi muito afetada pelo espaçamento, ao passo que maiores valores de diâmetro à altura do peito, para ambas as espécies, foram obtidos nos espaçamentos mais amplos.

O estudo da produção de biomassa para a avaliação do potencial produtivo de um sítio é um dos aspectos fundamentais na escolha de um adequado manejo florestal.

A produção de biomassa é totalmente influenciada pelos diferentes espaçamentos, variando com a espécie, idade das plantas e a qualidade do sítio. Com o objetivo de verificar o efeito do espaçamento na produção de biomassa em *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* no cerrado, Vital e Della Lucia (1987) concluíram que, até a idade de 57 meses o principal fator que influenciou a produção por unidade de área foi o número de árvores por hectare. Couto et al.

(1977) entretanto, observaram que o volume médio por hectare de plantas de *Eucalyptus urophylla* foi influenciado pelo espaçamento em todas as idades estudadas, sendo que as menores produções volumétricas corresponderam aos espaçamentos mais amplos.

A prática silvicultural a ser empregada está relacionada, segundo Campos et al. (1990), ao tipo de utilização da madeira. O estudo realizado com *Eucalyptus grandis*, visando a utilização da madeira para produção de energia, mostrou que o espaçamento 3x2m foi mais indicado do que o 3x1,5m, devido à maior produção de árvores com tamanhos mais adequados para aquele fim.

A partir de observações em plantações de eucalipto no estado de Minas Gerais, Vale et al. (1982) observaram que a adoção de espaçamentos muito reduzidos acarreta a produção de toras de pequeno diâmetro e muitas árvores dominadas, comprometendo o volume final produzido em função da redução do número de árvores.

Bernardo (1995), constatou que a produção de biomassa total de *Eucalyptus urophylla* foi maior que a do *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita*, independente da idade e dos espaçamentos adotados. Já Pereira (1990) observou em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, que a produção de biomassa inicialmente foi maior nos espaçamentos mais reduzidos, mas aos 48 meses de idade, praticamente não existia diferença de produção entre os vários espaçamentos, também não existindo diferença na produção de biomassa entre as duas espécies estudadas. Pereira et al. (1984) trabalhando em florestas de eucalipto na região de cerrado, em diversos espaçamentos, observaram que aos 18 meses de idade, não houve diferença nas porcentagens de matéria seca, para todas as partes da árvore, em função do espaçamento, entretanto, houve variação entre as espécies.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Dados referentes à localização do experimento, espaçamentos, espécie estudada, são apresentados no capítulo 1.

2.3.1 Análise química do solo.

Durante a condução do experimento, retirou-se periodicamente amostras para caracterização química do solo em todos os espaçamentos estudados, nas profundidades de 0-20 cm, através de uma amostra composta (3 amostras simples) na linha e na entre linha de plantio.

2.3.1.1 Complexo sortivo

Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram determinados de acordo com (Vettori, 1969 com modificações da EMBRAPA, 1979). A extração de potássio e fósforo foi realizada com solução contendo H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N. A extração de hidrogênio + alumínio foi feita com solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,0. O pH foi determinado empregando-se a relação 1:2,5 de solo:água e solo: KCl 1N. O enxofre (S-SO_4^-) foi extraído por $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ e determinado por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). O boro foi extraído com água quente e

determinado no extrato de acordo com o método da curcumina de Dible et al., citado por Jackson (1970).

2.3.1.2 Carbono orgânico

O teor de carbono orgânico foi determinado de acordo com Rajj e Quaggio (1983).

2.3.1.3 Amônio e nitrato

A determinação do amônio e do nitrato foi feita via destilação por arraste de vapores, conforme metodologia proposta por Keeney e Nelson (1982), após extração com KCl 1N em agitação por 1 hora.

2.3.2 Coleta do material vegetal.

As avaliações do crescimento em altura total e circunferência à altura do peito (CAP), a 1,30m do solo, das plantas foram realizadas aos 37 e 49 meses de idade.

Em cada espaçamento, foram abatidas duas árvores com CAP médio, separados e pesados os seus componentes da parte aérea, isto é, folhas, galhos e tronco. A amostragem do tronco foi feita retirando-se 4 discos de 5 cm de espessura, distribuídos uniformemente por todo ele. Após coletadas, as amostras foram pesadas, para a obtenção do peso de matéria fresca. Essas amostras foram levadas ao laboratório e secadas em estufa de ventilação forçada a 70-75°C, por 72 horas; após este período, foram pesadas novamente, para se obter o peso de matéria seca. A partir da

relação entre o peso de matéria seca e o de matéria fresca, determinou-se o seu teor de umidade. Com os dados dos teores de umidade e o peso de matéria fresca, determinou-se a biomassa de cada componente. Com estes dados, obteve-se o peso de matéria seca total de cada árvore.

O peso de matéria seca da parte aérea, em toneladas por hectare, para os diferentes componentes foi calculado considerando a densidade populacional em cada espaçamento. Para efeito de cálculo, considerou sobrevivência igual a 100%.

Amostragens periódicas apenas das folhas foram realizadas nas seguintes datas: 13/12/94, 22/03/95, 18/04/95, 24/05/95, 14/06/95, 11/07/95, 29/08/95. Através do CAP médio das 3 parcelas de cada tratamento, foram escolhidas árvores para amostragem foliar. Estas árvores selecionados foram identificadas através de marcação com tinta e amostradas periodicamente naquelas datas. A amostragem ocorreu totalmente casualizada, coletando-se amostras de folhas do terço superior da copa que se encontravam completamente desenvolvidas em todos os espaçamentos em estudos, com 2 repetições, com base na metodologia adotada por Haag et al. (1976).

Após coletadas as amostras de folhas foram levadas para secagem em estufa com circulação de ar a 70°C até peso constante. Em seguida trituradas em moinho Wiley, provido de peneira de aço inoxidável com 20 malhas por polegada (0,42 mm) e acondicionadas em frascos de vidro devidamente identificados para posteriores análises químicas.

2.3.3 Análise química do material vegetal

As análises químicas das amostras do material vegetal foram realizadas de acordo com métodos disponíveis no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

2.3.3.1 Nitrogênio total

Para a determinação do N total na planta empregou-se o método semi-microkjeldahl, com digestão de 100 mg de material em solução digestora de ácido sulfúrico e posterior destilação e titulação com soda (NaOH) de acordo com o método descrito por Bremner e Mulvaney (1982).

2.3.3.2 Fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre

Determinados através da digestão nitroperclórica, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

2.3.3.3 Boro

Determinado após inceneração de 250 mg de material vegetal à 550°C, adição do HCl 1N e determinação colorimétrica do B pelo método da curcumina, segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1989).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Análise química do solo

Os resultados obtidos na análise química do solo (Tabela 2.1), comprovam a baixa fertilidade dos solos da região de cerrado. Os dados indicam caráter álico, elevada acidez e níveis baixos a altos de P, K, Ca e Mg, resultando em soma de bases (S) baixa (CFSEMG, 1989). O teor de matéria orgânica é alto na camada superficial e baixo nas camadas subsuperficiais (CFSEMG, 1989). Segundo Resende, Curi e Santana (1988) a falta de água e a deficiência de nutrientes limitam o desenvolvimento de microrganismos decompositores da matéria orgânica.

Tabela 2.1 Caracterização química das diferentes camadas do Latossolo Vermelho Escuro (Bocaiúva-MG).

Característica	Profundidade (cm)			
	0-20	60-80	120-140	180-200
pH (H ₂ O)	4.5	4.4	4.3	4.3
P (mg.dm ⁻³)	3.0	1.0	1.0	1.0
K (mmol _c .dm ⁻³)	1.0	0.2	0.2	0.1
Ca (mmol _c .dm ⁻³)	7.0	2.0	3.0	2.0
Mg (mmol _c .dm ⁻³)	2.0	1.0	1.0	1.0
S-SO ₄ ⁻ (mg.dm ⁻³)	4.2	2.7	2.5	2.7
Al (mmol _c .dm ⁻³)	16.0	11.0	9.0	7.0
H + Al (mmol _c .dm ⁻³)	90.0	63.0	50.0	40.0
S (mmol _c .dm ⁻³) ⁽¹⁾	10.0	3.0	4.0	3.0
t (mmol _c .dm ⁻³) ⁽²⁾	26.0	14.0	13.0	10.0
T (mmol _c .dm ⁻³) ⁽³⁾	100.0	66.0	54.0	43.0
Matéria orgânica (g.dm ⁻³)	31.0	13.0	11.0	7.0
V (%) ⁽⁴⁾	10.0	5.0	8.0	7.0
m (%) ⁽⁵⁾	61.0	77.0	68.0	69.0
Boro (mg.kg ⁻¹)	0.5	0.8	0.3	0.3
Nitrato (mg.kg ⁻¹)	33.3	20.0	26.7	33.3
Amônio (mg.kg ⁻¹)	20.0	13.3	13.3	13.3

⁽¹⁾ Soma de bases trocáveis; ⁽²⁾ CTC efetiva; ⁽³⁾ CTC a pH 7,0; ⁽⁴⁾ Percentagem de saturação de bases da CTC a pH 7,0; ⁽⁵⁾ Percentagem de saturação por alumínio.

2.4.2 Crescimento em altura e circunferência

Os resultados relativos às avaliações do crescimento em altura e circunferência são apresentados nas Figuras 2.1 e 2.2. Inicialmente, pode se observar, tanto aos 37, quanto aos 49 meses, que a altura média aumenta com a redução do espaçamento, no que diz respeito à área útil por planta. Esta tendência do aumento do crescimento com o aumento da densidade populacional é explicada por Pereira, Moraes e Nascimento Filho (1983), pela forte competição por luz, que promove um estímulo ao crescimento em altura. Dados encontrados por Bernardo (1995), avaliando *Eucalyptus urophylla* na região dos cerrados também confirmam essa tendência.

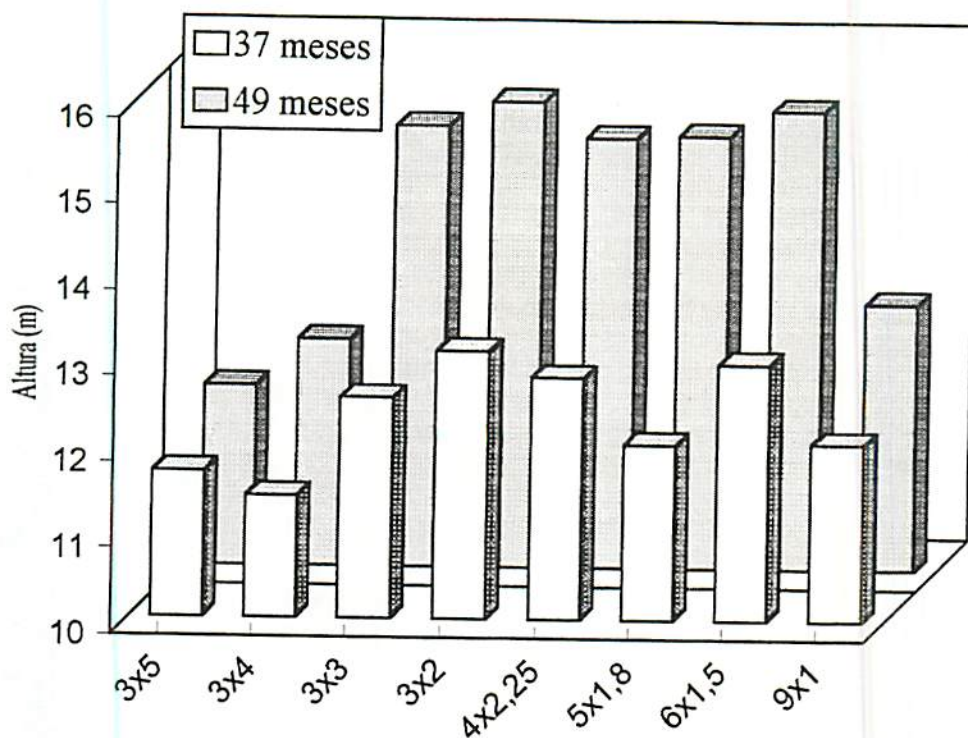


Figura 2.1 Crescimento em altura de plantas de *Eucalyptus urophylla*, aos 37 e 49 meses de idade, nos diversos espaçamentos.

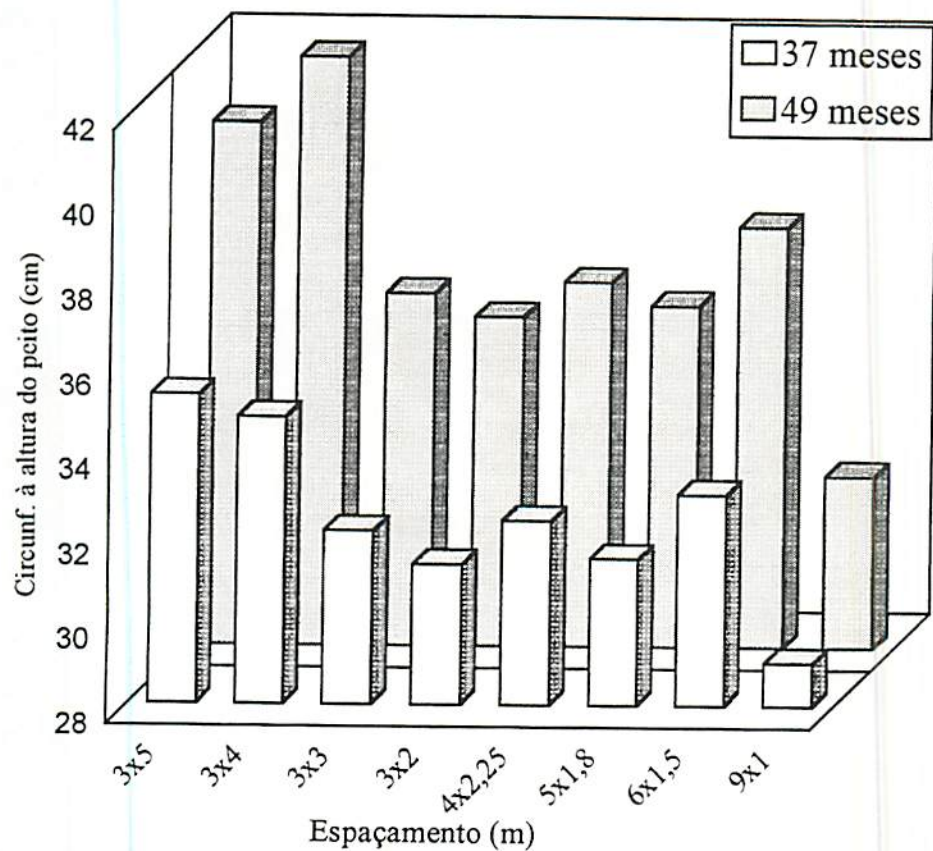


Figura 2.2 Crescimento em circunferência à altura do peito de plantas de *Eucalyptus urophylla*, aos 37 e 49 meses de idade, nos diversos espaçamentos.

Analisando os espaçamentos de mesma área ($9m^2$) ainda nas Figuras 2.1 e 2.2, observa-se no espaçamento $9 \times 1m$ os menores valores médios de crescimento em altura e em circunferência. Esses resultados corroboram com Balloni e Simões (1980), que afirmaram que nos espaçamentos muito fechados a altura média diminui, em função do grande número de árvores dominadas, as quais contribuem efetivamente para diminuição da altura média do povoamento.

Em espaçamentos mais amplos, as árvores apresentaram valores de circunferência média à altura do peito superiores àqueles de espaçamentos mais fechados. Diversos trabalhos, entre eles; Vale et al.(1982), Patiño-Valera (1986), Silva (1990) e Gomes (1994), encontraram que as maiores respostas em diâmetro das plantas, estão relacionadas com o aumento do espaçamento.

As Figuras 2.1 e 2.2 mostram ainda que as árvores nos diferentes espaçamentos não mantiveram uma constância na taxa de crescimento, comparativamente entre os 37 e 49 meses de idade. Leite (1996) observou que as árvores de *Eucalyptus grandis* não mantiveram a mesma taxa de crescimento em altura ao compararem-se as idades de 31 e 39 meses.

2.4.3 Produção de matéria seca da parte aérea

A produção de matéria seca total da parte aérea por árvore e a distribuição de seus componentes, aos 37 e 49 meses de idade, são apresentados nas Figuras 2.3 e 2.4. Observa-se diferentes produções de matéria seca dos componentes da árvore nos diversos espaçamentos, sendo mais elevada a proporção de madeira (troncos), em relação à matéria seca total da parte aérea. Tendência semelhante foi também observada por Pereira (1990), Bernardo (1995) e Leles (1995).

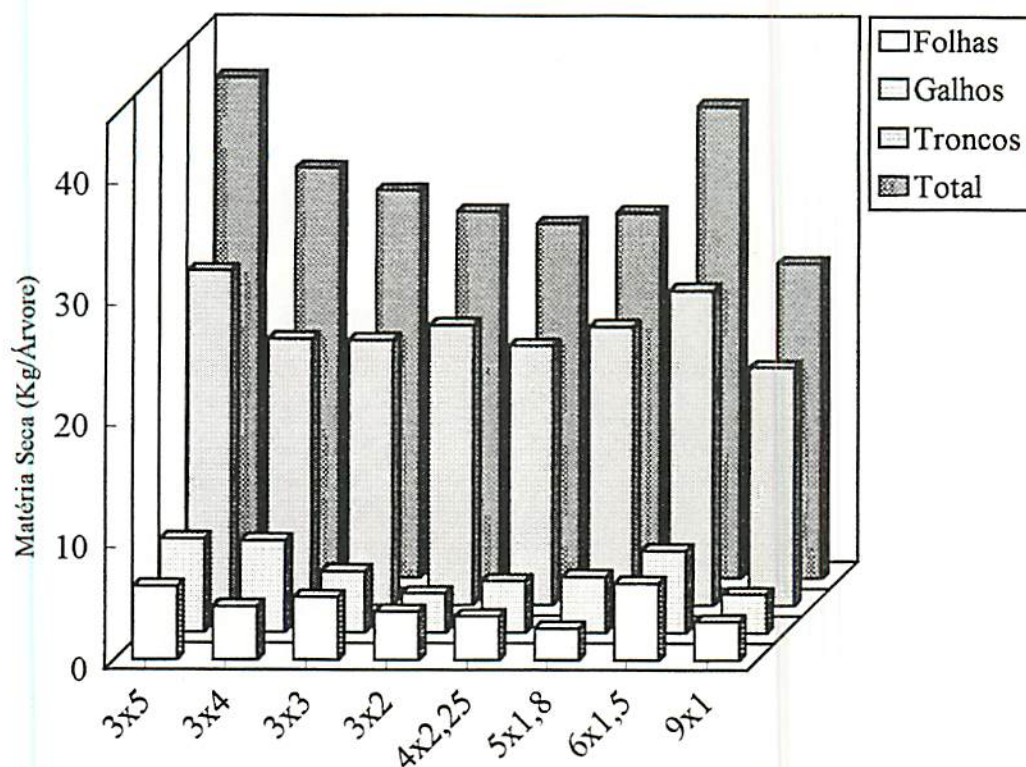


Figura 2.3 Produção de biomassa da parte aérea por árvore, em *Eucalyptus urophylla*, sob diferentes espaçamentos, aos 37 meses de idade.

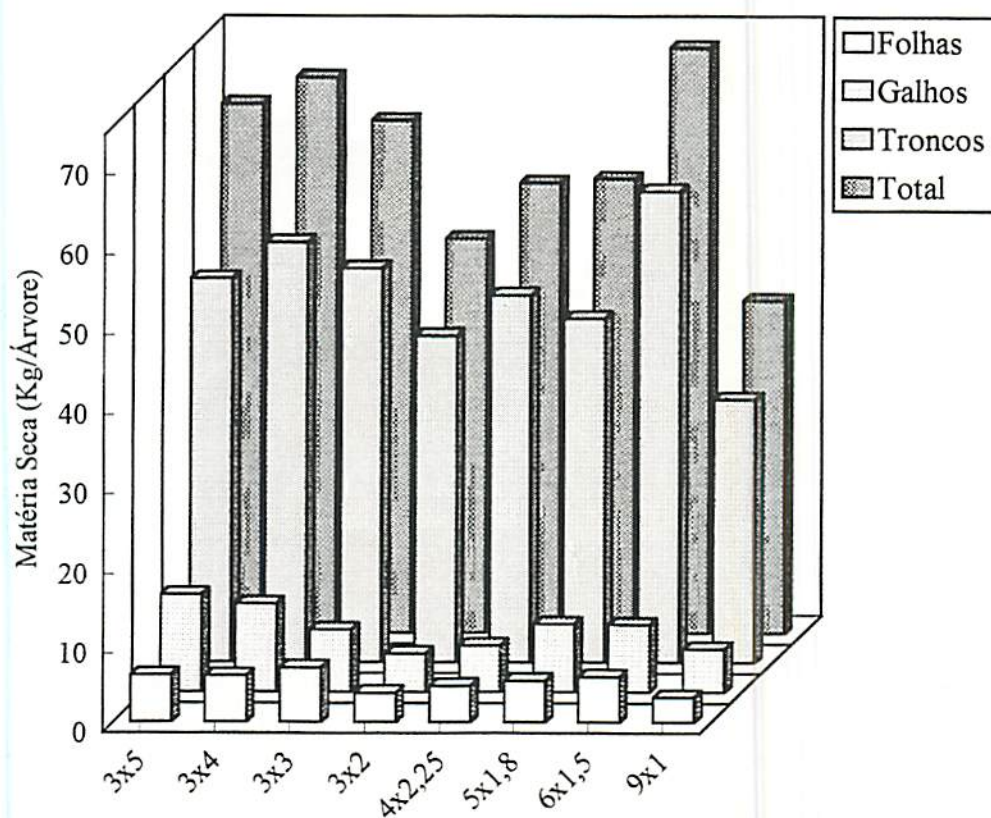


Figura 2.4 Produção de biomassa da parte aérea por árvore, em *Eucalyptus urophylla*, sob diferentes espaçamentos, aos 49 meses de idade.

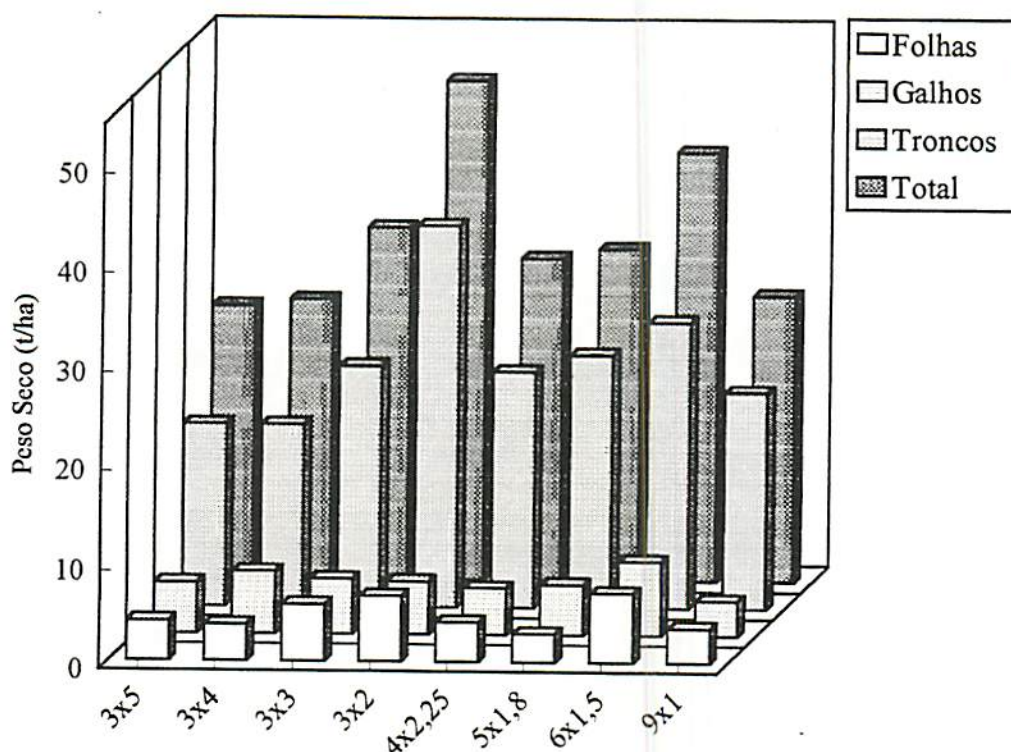


Figura 2.5 Produção de biomassa da parte aéreas diferentes componentes das árvores de *Eucalyptus urophylla*, aos 37 meses de idade, sob diferentes espaçamentos.

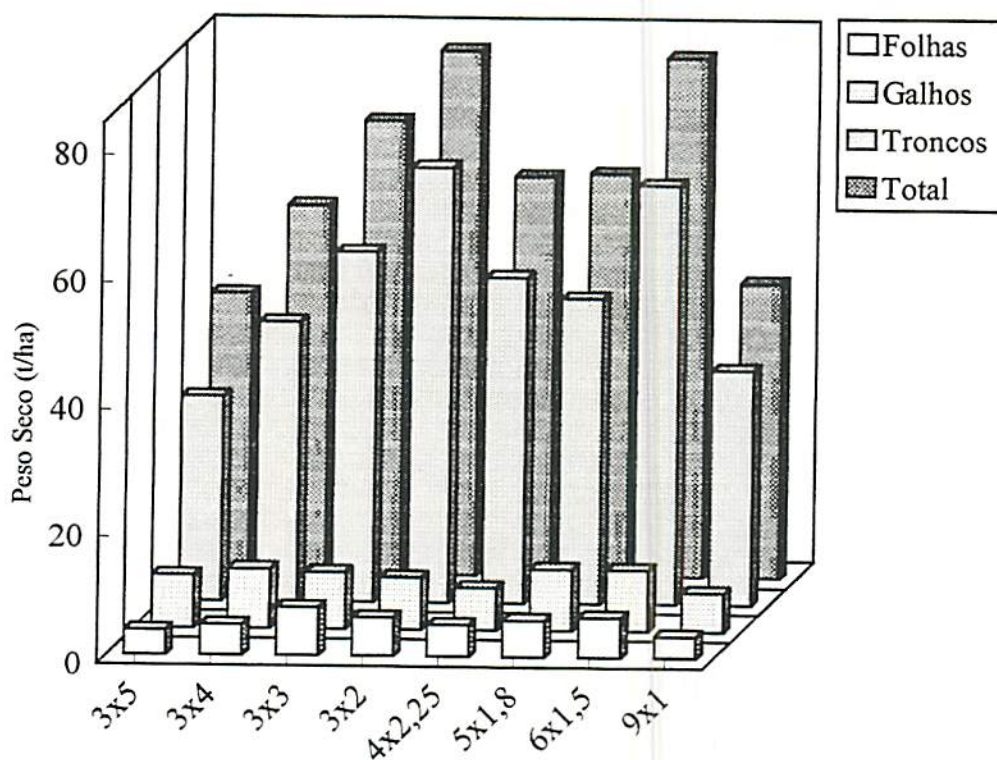


Figura 2.6 Produção de biomassa da parte aéreas diferentes componentes das árvores de *Eucalyptus urophylla*, aos 49 meses de idade, sob diferentes espaçamentos.

Analisando conjuntamente as Figuras 2.3 e 2.4, 2.5 e 2.6, observa-se que a produção de biomassa da parte aérea do espaçamento 6x1,5m, foi superior à aquelas verificadas nos espaçamentos que representam a mesma área. A explicação para esse resultado pode ser encontrada na avaliação do armazenamento de água pelo solo apresentada no capítulo 1.

Analisando a quantidade de água armazenada na linha de plantio (Figuras 1.7 e 1.8), observa-se que o espaçamento 6x1,5m foi superior aos demais, principalmente durante o período de seca. Esses dados corroboram com Leite (1996), cujos resultados indicam que em períodos em que há menor quantidade de água disponível no solo ocorre uma maior restrição ao crescimento das plantas que dispõem de menor área útil para seu desenvolvimento. De acordo com EMBRAPA, 1993 em regiões sujeitas à seca e com solos de baixa fertilidade, as melhores produções são verificadas com menor número de plantas por área. Portanto, a densidade ótima, definida como o máximo de plantas capaz de explorar o ambiente adequadamente, varia em função do nível de fertilidade e de umidade do solo.

Através da análise das Figuras 2.3 e 2.4, com exceção do espaçamento 6x1,5m, verifica-se uma tendência de redução na contribuição das folhas para a biomassa total da parte aérea com a redução do espaçamento. Leite (1996) avaliando *Eucalyptus grandis* obteve dados que confirmam este comportamento. A maior contribuição dos galhos para a biomassa total ocorreu nos espaçamentos mais amplos (3x4m e 3x5m), ou seja com maior área útil disponível.

Ainda analisando as Figuras 2.3 e 2.4, verifica-se redução da proporção de copa (galhos e folhas) em relação à biomassa total, com o aumento da idade do povoamento. Resultados semelhantes foram também observados por Pereira (1990).

Com os resultados apresentados nas Figuras 2.5 e 2.6, observa-se que a biomassa do tronco apresentou uma menor produção por área em espaçamentos mais amplos. Resultados

semelhantes foram encontrados por Pereira (1990) analisando o comportamento do *Eucalyptus urophylla* na região de cerrado. Pode-se afirmar ainda que a distribuição relativa da biomassa de cada componente da árvore se altera com a idade do povoamento, aumentando, de modo considerável, a proporção de tronco em relação à de biomassa total. Essa tendência geral também foi observada por Pereira et.al.(1984).

Analisando os espaçamentos 3x5m, 3x4m, 3x3m e 3x2m (Figuras 2.5 e 2.6) observa-se que a produção de matéria seca total da parte aérea, foi maior no espaçamento 3x2m. Bernardo (1995), em estudo com *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus urophylla*, aos 41 meses de idade, na região de cerrado, nos espaçamentos 3x1,5m, 3x3m e 3x4m, observou também maior produção de biomassa por área no espaçamento mais denso.

Comparando-se as Figuras 2.3 e 2.4 observa-se que praticamente ocorreu uma estabilização da produção de biomassa total das plantas nos espaçamentos 3x2m e 9x1m em relação aos demais espaçamentos.

Outro aspecto interessante a ser observado nas Figuras 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6 está relacionado ao espaçamento 3x5m. Esse apresenta uma maior produção individual e uma menor produção por área. Essa constatação poderia indicar inicialmente pela não recomendação desse espaçamento. Entretanto, essa análise deve ser feita levando-se em consideração a idade da cultura.

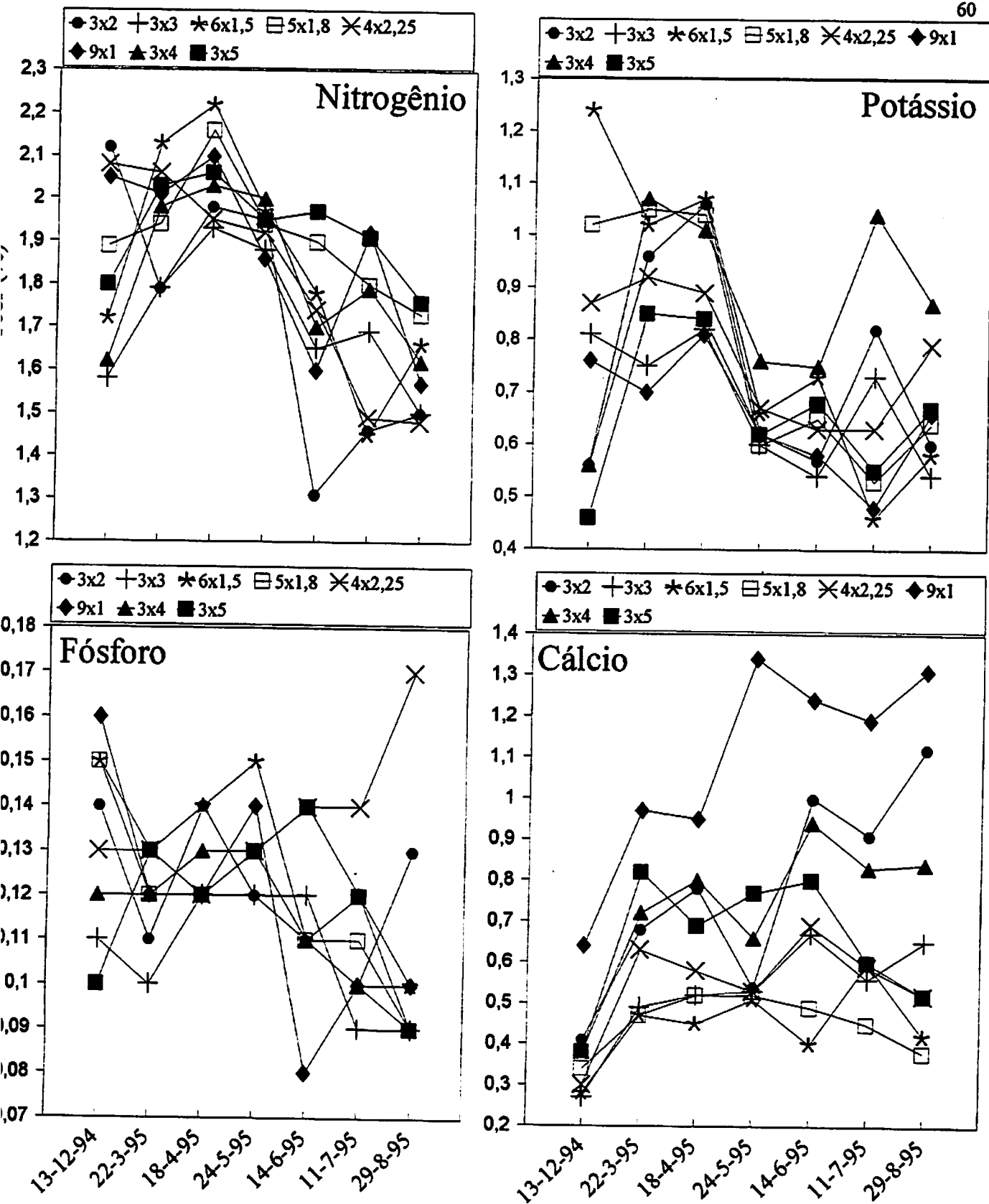
Segundo Leite (1996), a densidade populacional pode afetar a quantidade e qualidade de biomassa produzida por unidade de tempo. Espera-se que nas maiores densidades populacionais, em razão do melhor aproveitamento inicial de recursos por unidade de área, a quantidade inicial de biomassa produzida seja maior. Ao longo do ciclo de cultivo, as diferenças entre populações com diferentes densidades devem ser minimizadas, ou até mesmo invertidas.

2.4.4 Avaliação do estado nutricional das plantas de eucalipto.

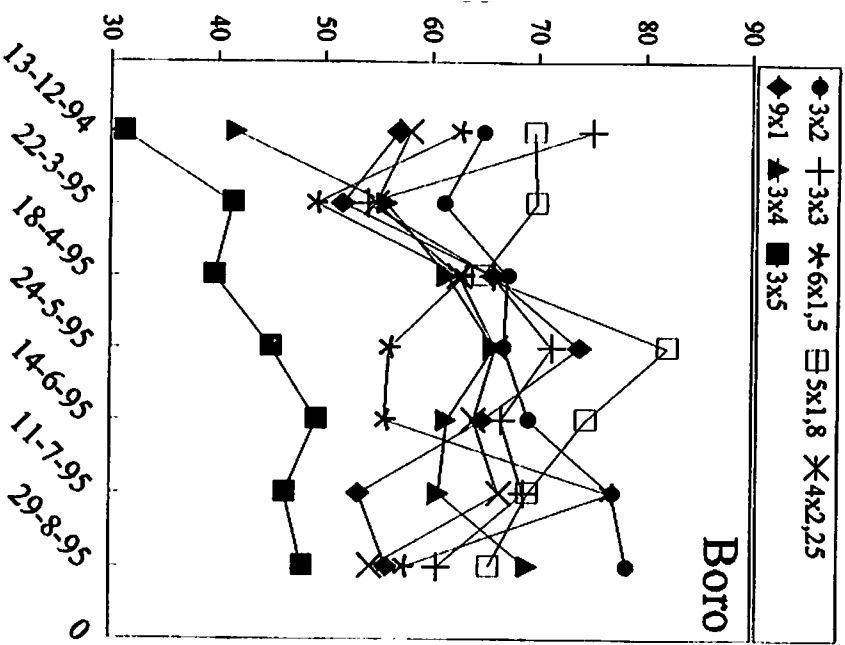
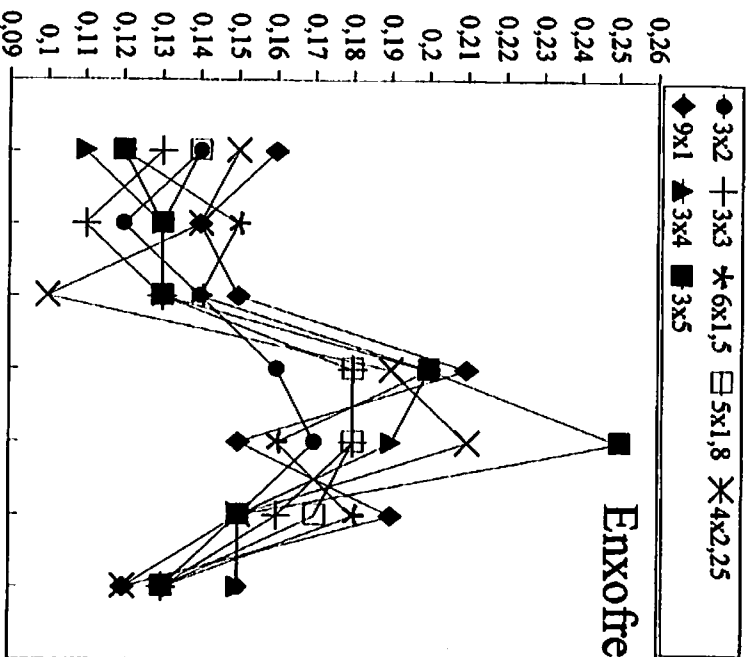
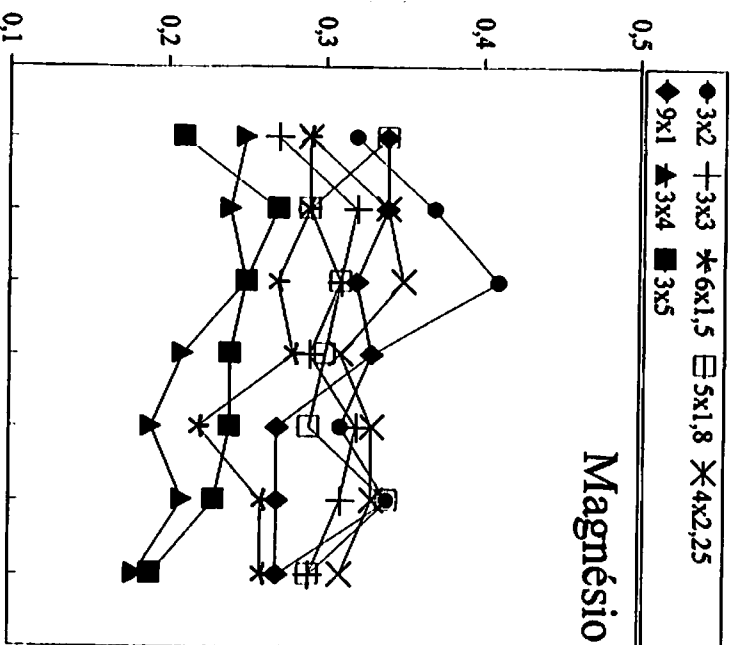
O conhecimento da concentração de nutrientes nos tecidos foliares é de fundamental importância, uma vez que pode ser usado para definir as quantidades de nutrientes removidos e quais as práticas de manejo deverão ser adotados para manter as plantas no estado nutricional adequado para pleno desenvolvimento.

A avaliação do estado nutricional das plantas foi realizada por meio do conhecimento dos teores dos nutrientes contidos nas folhas que, segundo Mengel e Kirkby (1987), se constituem nos órgãos mais ativos das plantas, apresentando uma elevada remobilização e redistribuição de elementos. Adotou-se como referencial dos níveis dos elementos no tecido foliar do eucalipto, o estudo de Schönau e Herbert (1983).

Nas Figuras 2.7 e 2.8 são apresentados os resultados dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e boro nas folhas do *Eucalyptus urophylla* nas diferentes épocas de amostragem.



2.7 Teor de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio na folha, nos diferentes espaçamentos e épocas de amostragem, em plantio de *Eucalyptus urophylla*.



2.8 Teor de magnésio, enxofre e boro na folha, nos diferentes espaçamentos e épocas de amostragem, em plantio de *Eucalyptus wrophylla*.

O teor de nitrogênio das folhas variou com os espaçamentos e épocas de amostragem (Figura 2.7). Com relação às épocas, observa-se a tendência do teor de nitrogênio diminuir com a redução do espaçamento, notadamente a partir do início do período seco. A explicação para este fato pode ser atribuída à existência de maior número de árvores para absorver uma mesma quantidade de nutriente existente no solo (efeito diluição). Resultado semelhante foi encontrado também por Pereira (1990) em estudo com *Eucalyptus urophylla*. Leite (1996) comenta que diferentes densidades populacionais de plantas podem levar a diferentes níveis de exaustão de nutrientes no solo. Quando a densidade populacional é alterada, espera-se que outros fatores, além da limitação espacial, interfiram na absorção de nutrientes, por meio de modificações nas relações hídricas das plantas e, ou, modificações na sua eficiência de absorção. Densidades populacionais que levam à exaustão mais rápida de água do solo deverão influenciar de modo significativo a absorção de nutrientes de menor mobilidade no solo e aquelas onde as plantas apresentem menores taxas de transpiração deverão ter maiores restrições quanto ao suprimento de nutrientes de maior mobilidade no solo, como é o caso do nitrogênio.

Os valores de concentração foliar de nitrogênio (Figura 2.7) obtidos no presente estudo são comparáveis aos encontrados por Morais (1988) em diversas espécies de *Eucalyptus*, com idade de 8 anos. Tomando por base o estudo de Schönau e Herbert (1983) que considera 2,0 % como a concentração de nitrogênio ótima para o desenvolvimento do eucalipto, observa-se que em todos os espaçamentos, as plantas não apresentam um adequado suprimento deste nutriente, fato que se acentua com o início do período seco.

À semelhança do nitrogênio, a concentração de potássio também variou em função dos espaçamentos e épocas de amostragem (Figura 2.7). A tendência também é da redução nas concentrações de potássio se acentuarem a partir do início do período seco, quando os valores

dessas concentrações tendem ficar mais próximas nos diferentes espaçamentos. Considerando 0,7% como sendo o nível ótimo de potássio na folha (Schönau e Herbert, 1983), observa-se que no período chuvoso, embora a diferença de concentração entre os espaçamentos seja bastante expressiva, os níveis encontrados podem ser considerados adequados para o desenvolvimento no eucalipto. Entretanto, no período seco praticamente em todos os espaçamentos, os níveis de potássio se encontram abaixo do ótimo. A explicação para este fato é decorrente, segundo Mengel e Kirkby (1987) da elevada capacidade de remobilização e redistribuição interna deste nutriente. Na área em estudo foi observado uma queda acentuada de folhas, a partir do mês de maio, ou seja início do período de seca. De acordo com Pereira (1990) a retranslocação interna dos nutrientes das folhas antes da abscisão, significa um importante mecanismo de conservação de nutrientes em florestas tropicais.

As concentrações de fósforo (Figura 2.7) nas folhas não apresentaram tendências definidas de comportamento em função do espaçamento, nas diferentes épocas de amostragem.

A concentração encontrada de fósforo nas folhas, em alguns espaçamentos e épocas variou de 0,08% a 0,17%. De acordo com Schönau e Herbert (1983), 0,11% representa a concentração mínima e 0,15% a 0,16% representa a faixa de concentração ótima para o desenvolvimento do *Eucalyptus grandis*. A Figura 2.7 revela que as concentrações de fósforo nos diversos espaçamentos encontram-se sistematicamente abaixo do valor considerado como ótimo por esses autores.

Em relação ao cálcio (Figura 2.7) observa-se que os menores teores são encontrados, em todos os espaçamentos, no mês de dezembro. A partir desse mês há uma tendência de elevação de seus teores nas demais épocas de amostragem, exceto para os espaçamentos 3x2m, 3x4m e 4x2,25m que apresentam uma redução acentuada nos teores de cálcio no mês de maio. Oliva, et

al. (1989) verificaram que o déficit hídrico induziu a redução na concentração do cálcio na parte aérea, ou seja, quando a deficiência hídrica é bastante acentuada, a concentração de cálcio é dependente do potencial hídrico, em razão da sua baixa mobilidade na planta. De acordo com Schönau e Herbert (1983), o teor de cálcio tido como ótimo para *Eucalyptus grandis* é 1,0% e a concentração mínima, 0,66%. Analisando ainda a Figura 2.7, observa-se que as concentrações de cálcio encontra-se com exceção do espaçamento 9x1m abaixo da concentração tida como ótima, em alguns casos abaixo da concentração mínima.

Ferreira (1989) menciona que, muitos sintomas de deficiências minerais em plantas, na estação seca do ano, recuperam-se logo no início das chuvas, ou seja, depois que se restabeleceu a normalidade hídrica do solo, necessária à mobilização dos nutrientes.

O teor foliar de magnésio variou entre os espaçamentos, mas praticamente se manteve constante nas diferentes épocas de amostragem (Figura 2.7). Schönau e Herbert (1983) em estudo com *Eucalyptus grandis* consideraram 0,3% como a concentração ótima e 0,21% como a concentração mínima de magnésio para o desenvolvimento das plantas. No presente estudo observa-se que nos espaçamentos com maior área útil, a concentração encontra-se abaixo da considerada como ótima e nos demais espaçamentos as concentrações situaram-se em torno do valor considerado como ótimo.

A Figura 2.8 mostra que os teores foliares de boro variam nos diversos espaçamentos e época de amostragem. Com relação à época de amostragem observa-se uma tendência sempre crescente dos teores de boro das folhas, ocorrendo entretanto uma aproximação dos teores de todos os espaçamentos no mês de abril, quando inicia o período de seca. A exceção fica por conta do espaçamento 3x5m.

O B tem como principal forma de transporte no solo até a superfície das raízes o fluxo de massa (Gupta, 1979), que por sua vez é diretamente proporcional ao fluxo de água no solo, sendo, portanto extremamente afetado pelas condições de umidade do solo (Reichardt, 1985).

Estudos realizados por Klude, citado por Gupta (1979), indicaram que a deficiência de boro nas plantas durante períodos secos, não pode estar somente associada aos níveis de B no solo solúvel em água quente. O autor menciona que a redução da umidade do solo, em associação com a diminuição do fluxo de massa e taxa de difusão, bem como do fluxo transpiratório, que é limitado nas plantas durante os períodos mais secos, podem ser os fatores responsáveis pela deficiência de boro, mesmo que haja teores adequados deste nutriente no solo.

As concentrações de boro verificadas no presente estudo encontram-se acima dos valores capazes de produzir sintomas de carência e abaixo daqueles considerados como tóxicos.

Com relação ao enxofre, a Figura 2.8 mostra que ocorre um aumento da concentração, independente do espaçamento, com o início do período seco. Segundo Lima (1996) o déficit hídrico no solo promove aumentos nos teores dos nutrientes nas folhas, em espécies de *Eucalyptus* spp, que pode ser interpretado como efeito de concentração devido o crescimento menos intenso da folhas.

Schönau e Herbert (1983), avaliando *Eucalyptus grandis* constataram que os níveis de enxofre considerados como ótimos para as concentrações foliares foram de 0,17 a 0,19 % de S. No presente estudo as concentrações de enxofre via de regra se mostram adequadas ao desenvolvimento das plantas de eucalipto, principalmente no período seco.

2.5 CONCLUSÃO

A altura das plantas aumentou, enquanto a circunferência à altura do peito diminuiu com a redução do espaçamento.

Os menores valores de crescimento em altura e circunferência à altura do peito foram obtidos no espaçamento 9x1m.

A maior contribuição dos galhos para a biomassa total ocorreu nos espaçamentos mais amplos (3x4m e 3x5m).

Nos espaçamentos que representam mesma área (9m²) a maior produção de biomassa da parte aérea foi obtida no espaçamento 6x1,5m.

A maior produção de matéria seca total da parte aérea por unidade de área foi obtida no espaçamento 3x2m.

Observou-se grande variabilidade nos teores foliares dos diversos nutrientes, tanto em relação aos espaçamentos quanto às épocas de amostragem.

Não foi possível identificar a contribuição dos diferentes espaçamentos para com os teores foliares dos nutrientes analisados.

Os teores de nitrogênio e potássio tiveram suas reduções aceleradas a partir do início do período de seca, enquanto que os de enxofre ocorreu o inverso.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLONI, E.A.; SIMÕES, J.W. **O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais.** Piracicaba: IPEF, 1980. 16p. (Série Técnica, 3).
- BERNARDO, A.L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1995, 102p. (Tese - Mestrado em Ciência Florestal).
- BLANCHARD, R.N.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.29, n.1, p.71-72, Jan./Feb. 1965.
- BREMMER, J.M.; MULVANEY, R.L. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. ed. **Methods of Soil Analysis.** Madison: American Society of Agronomy, 1982. v.2. Cap. 31, p.595-624
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G.; SOUZA, R.N. de.; VITAL, B.R. Relações entre espaçamento, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.14, n.2, p.119-133, 1990.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação.** Lavras, 1989. 176p.
- COUTO, L. **Influência do espaçamento no crescimento de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano.** Viçosa: UFV, 1977, 54p. (Tese - Mestrado em Ciência Florestal).

COUTO, L.; BRANDI, R.M.; CONDÉ, A.R.; PAULA NETO, F. Influência do espaçamento de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, p.57-71, 1977.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamentos de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1979. n.p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamentos de Solos. - EMBRAPA-SPI. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília, DF, 1993. 204p.

FERREIRA, S.A. Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil, Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1984. 570p.

GOMES, R.T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1994. 85p. (Tese - Mestrado em Ciência Florestal.)

GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, New York, v.31, p.273-307, 1979.

HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D. de; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A. Análise foliar em cinco espécies de *Eucalyptus*. **IPEF**: Piracicaba, v.13, p.99-115, 1976.

JACKSON, M.L. **Análise química de suelos**. 2.ed. Barcelona: Omega, 1970. 66p.

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen- Inorganic Forms. In: PAGE, A.L. ed. **Methods of Soil Analysis**. Madison: American Society of Agronomy; 1982. V.2 Cap. 33. p. 643-98.

LEITE, F.P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. Viçosa: UFV, 1996. 90p. (Tese - Mestrado em Solos e nutrição de Plantas.)

- LELES, P.S.dos S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em *E. camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos.** Viçosa: UFV, 1995. 133p. (Tese - Mestrado em Ciência Florestal.)
- LIMA, P.C. de. **Acúmulo e distribuição de matéria seca, carboidratos e macronutrientes em mudas de *Eucalyptus* spp em solos com diferentes potenciais hídricos.** Viçosa: UFV, 1996, 106p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Bern: Intern. Potash Institute, 1987. 687p.
- MORAIS, E. J. de. **Crescimento e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1988. 56p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas.)
- OLIVA, M.A.; BARROS, N.F.; GOMES, M.M.S.; LOPES, N.F. **Seca de ponteiros em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em relação a estresse hídrico e nutrição mineral.** *Revista Árvore*, Viçosa, v.13, p.19-33, 1989.
- PATIÑO-VALERA, F. **Variación genética em progênes de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento.** Piracicaba: ESALQ, 1986. 192p. (Tese - Mestrado em Engenharia Florestal.)
- PEREIRA, A.R. **Biomassa e ciclagem de nutrientes minerais em povoamentos jovens de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* em região de cerrado.** Viçosa: UFV, 1990. 167p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas.)
- PEREIRA, A.R.; ANDRADE, D.M.; LEAL, P.G.L.; TEIXEIRA, N.G.S. **Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de cerrados de Minas Gerais.** *Revista Floresta*. v.15, n.1-2, p.8-16, 1984.

- PEREIRA, A.R.; MORAES, E.J.; NASCIMENTO FILHO, M.B. Implantação de florestas de ciclos curtos sob novos modelos de espaçamentos. *Silvicultura*: São Paulo, v.8, n.28, p.429-432, 1983.
- RAIJ, B.van.; GUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, IAC, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4ª ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 473p.
- REIS, M.G.F.; REIS, G.G. A contribuição da pesquisa florestal para a redução de impactos ambientais dos reflorestamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, 1, Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SIF, 1993. p.119-135.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: MEC/ESAL/POTAFOS, 1988. 84p.
- ROCHA FILHO, J.V. de C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.35, p.19-34, 1978.
- SILVA, J.F. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e sua interação com espaçamentos**. Viçosa: UFV, 1990. 110p. (Tese - Mestrado em Ciência Florestal.)
- SCHÖNAU, A.P.G.; HERBERT, M.A. Relationship between rate, fertilizing and foliar nutrient concentration for *Eucalyptus grandis*; preeliminary investigations. *Fertilizer Research*, The Hague, v.4, p. 369-380, 1983.
- VALE, A.B.; PAIVA, H.N.; PELFILI, J.M.; NASCIMENTO, A.G. **Influência do espaçamento e do sítio na produção florestal**. Viçosa:SIF, 1982. 20p. (Boletim Técnico 4).
- VETTORI, L. **Métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro:DPFS-M.A., 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).

VITAL, B.R.; DELLA LUCIA, R.M. Efeito do espaçamento na produção em peso e na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* aos 52 meses de idade. *Revista Árvore*, Viçosa, v.11, n.2, p.132-145, 1987.

APÊNDICE

Tabela 1A Dados para construção da curva de calibração de uma sonda de nêutrons, marca CPN Modelo 503 DR de 50 mCi, fonte de Am/Be. Solo em estudo: Latossolo Vermelho Escuro, Bocaiúva, MG. Profundidade: material do horizonte B.

“Pontos de calibração”	$\theta(\text{cm}^3/\text{cm}^3)^{(1)}$	Contagem (CPS) no solo ⁽²⁾	Contagem relativa (CR) ⁽³⁾
1	0,0044	4346	0,09
2	0,1680	15104	0,30
3	0,3400	32544	0,66
4	0,3860	36133	0,73

Contagem em água (padrão) por 32s = 49542 (média de 200 contagens).

⁽¹⁾ Umidade obtida com a média de 5 amostras

⁽²⁾ Dados obtidos com a média de 100 leituras.

⁽³⁾ CR (contagem relativa)= CPS obtida no solo/CPS obtida em padrão em água.

