



PAULO CÉSAR TEIXEIRA

**REGIME HÍDRICO DO SOLO EM FLORESTA DE EUCALIPTO
COMPARADO AO DE UMA ÁREA DESFLORESTADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "*Doctor Scientiae*"

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

T
022/2001

Embrapa

Unidade: *Amazônia Ocidental*
 Valor: *26.104,06*
 Data da aquisição: *4.20*
 Nº N. Fiscal / Fatura.....
 Fornecedor:.....
 Nº OCS:.....
 Origem: *Doação do autor*
 Nº Registro: *2006.0005*

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

T266r
2001

Teixeira, Paulo César, 1970-

Regime hídrico do solo em floresta de eucalipto comparado ao de uma área desflorestada / Paulo César Teixeira. – Viçosa : UFV, 2001.

42p. : il.

Orientador: Roberto Ferreira de Novais

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa

1. Eucalipto. 2. Água no solo. 3. Eucalipto - Brotação.
4. Desmatamento. 5. Eucalipto - Efeito de borda. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD. 634.9176142

PAULO CÉSAR TEIXEIRA

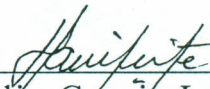
**REGIME HÍDRICO DO SOLO EM FLORESTA DE EUCALIPTO
COMPARADO AO DE UMA ÁREA DESFLORESTADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

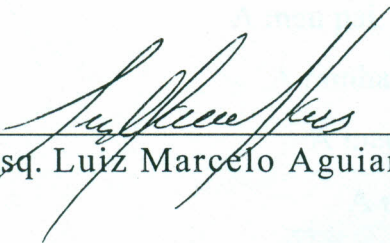
APROVADA: 19 de fevereiro de 2001.



Prof. Nairam Félix de Barros
(Conselheiro)



Prof. Hélio Garcia Leite
(Conselheiro)



Pesq. Luiz Marcelo Aguiar Sans



Prof. Hugo Alberto Ruiz



Prof. Roberto Ferreira de Novais
(Orientador)

No meio do caminho

*No meio do caminho tinha uma pedra
tinha uma pedra no meio do caminho
tinha uma pedra
no meio do caminho tinha uma pedra*

*Nunca me esquecerei desse acontecimento
na vida de minhas retinas tão fatigadas
Nunca me esquecerei que no meio do caminho
tinha uma pedra
tinha uma pedra no meio do caminho
no meio do caminho tinha uma pedra*

Carlos Drummond de Andrade

A meu pai, Geraldo.

A minha mãe, Adalgiza.

A meus irmãos e sobrinhos.

A meus amigos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, pela oportunidade de realização deste Curso.

À V & M Florestal, por permitir a utilização de sua área experimental e pelo apoio financeiro.

À Sociedade de Investigações Florestais (SIF).

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos durante todo o meu curso.

Ao Professor Roberto Ferreira de Novais, pela orientação segura, pelo estímulo sempre dado para o bom andamento dos trabalhos, pela atenção e, sobretudo, pela amizade.

Aos Professores Nairam Félix de Barros e Hélio Garcia Leite, pelo apoio, convívio e ensinamentos.

Ao Engenheiro Florestal José Luiz Teixeira e ao Técnico Geraldo Vitor Teixeira Filho, pela amizade e pela valiosa ajuda durante a coleta de dados.

Ao Engenheiro Florestal Pedro Geraldo Lelis Leal, pela disposição em solucionar eventuais problemas, pelo apoio e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Solos, em particular: José Roberto Valente, José Roberto de Freitas e José Alberto Cardoso.

Agradecimento especial às secretárias Sônia, Simone, Júnia, Dorinha, Tânia, Luciana e Juliana, pela disposição que sempre tiveram em me ajudar, sempre que preciso, e pelos momentos de descontração.

Aos colegas de curso, que tornaram mais agradável e interessante essa fase de minha vida, em especial, Clístenes, Reynaldo, Aninha, Alessandro, Alessandra, Cartaxo, Rozane e Ecila.

Aos colegas de república, Wanderlei, Taís, Lorena, Alejandra e Laura, por todos os momentos vividos nesta fase de minha vida. Agradecimento especial ao Jonas (“Nonô”) que foi sempre fonte de alegria e entusiasmo dentro de casa.

Aos amigos Marcelo, Polidoro, Shirley, Nairam Filho, Rodrigo, Ratinho, Fernando Gomes, Maurício, Gleiber e Dorinha, dentre tantos outros, pelo apoio, convívio e amizade.

À Cleci, pela paciência e cumplicidade nos momentos finais do meu curso.

Aos funcionários da V & M Florestal.

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

BIOGRAFIA

PAULO CÉSAR TEIXEIRA, filho de Geraldo Vitor Teixeira e Adalgiza de Oliveira Teixeira, nasceu em Viçosa, MG, em 14 de outubro de 1970.

Realizou seus estudos de 1º grau em Paula Cândido, na Escola Estadual Coronel Antônio Faustino Duarte e na Escola Estadual Professor Samuel João de Deus. Coursou o 2º grau no Colégio Universitário (COLUNI), em Viçosa, MG.

Ingressou na Universidade Federal de Viçosa em 1989 e graduou-se em Engenharia Agrônômica em janeiro de 1994. Em março do mesmo ano e na mesma Instituição, iniciou o curso de mestrado em Fitotecnia, concluindo-o em outubro de 1996.

Em março de 1997, iniciou o curso de doutorado em Solos e Nutrição de Plantas na Universidade Federal de Viçosa, defendendo sua tese em fevereiro de 2001.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	6
2.1. Leitura com a sonda de nêutrons	9
2.2. Curva de calibração da sonda de nêutrons	9
2.3. Índices obtidos	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4. RESUMO E CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

RESUMO

TEIXEIRA, Paulo César, D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2001. **Regime hídrico do solo em floresta de eucalipto comparado ao de uma área desflorestada.** Professor Orientador: Roberto Ferreira de Novais. Professores Conselheiros: Nairam Félix de Barros e Hélio Garcia Leite.

Este trabalho teve como objetivos: i) avaliar as variações espaciais e temporais da água do solo em um povoamento de eucalipto com sete anos de idade em regime de alto fuste (Floresta), e em áreas de rebrota (Brotação) e desmatada (Desmatamento) e ii) verificar o possível efeito de bordadura (plantas da extremidade dos talhões de eucalipto) no consumo de água do solo. Foi adotado um esquema de corte no talhão deixando-se uma área para rebrota; em outra, foi promovida a morte das cepas e uma terceira foi deixada com as árvores existentes. Tubos de alumínio de 2,0 m de comprimento para acesso de uma sonda de nêutrons foram instalados, nas entrelinhas, formando uma seqüência partindo da área desmatada para a floresta (des/flo), da área desmatada para a brotação (des/bro) e da brotação para a floresta (bro/flo). Tubos adicionais a essas seqüências foram instalados nas três áreas, distantes das novas bordaduras criadas, tanto na linha (a 0,4 m da cepa) quanto na entrelinha (a 1,8 m da cepa). As variações temporais da água do solo para as seqüências des/flo, bro/flo e

des/bro seguiram a mesma tendência da precipitação pluviométrica observada no período analisado. Na seqüência des/bro, praticamente não houve efeito de bordadura em nenhuma das profundidades analisadas, isto é, não houve maior extração de água do solo pelas plantas da bordadura. Na seqüência des/flo, foi observado um efeito mais nítido de bordadura. A extração de água do solo foi muito maior nos pontos localizados na linha que na entrelinha. Para os localizados na linha, principalmente nas amostragens feitas de janeiro a abril, existiu tendência de maior extração da água do solo pela floresta em relação à brotação e à área desmatada. Ao final do período chuvoso, a extração de água do solo variou diferentemente para os três ambientes estudados. Os maiores valores foram observados para a floresta, principalmente tomando-se como referencial as medições feitas nas entrelinhas, mostrando que a floresta foi o ambiente que extraiu mais água do solo, durante o período avaliado (entre 12 e 31/05/1995). De maneira geral, os maiores valores de extração de água do solo foram observados para as menores profundidades e para o primeiro período avaliado (12-17/05), independente do ambiente. Ao final do período chuvoso, para todos os ambientes, as maiores taxas de extração de água do solo ocorreram quando os valores iniciais de conteúdo de água eram maiores, mostrando que, quando a disponibilidade de água é mais elevada, a perda de água do solo é mais intensificada.

ABSTRACT

TEIXEIRA, Paulo César, D.S., Universidade Federal de Viçosa, February, 2001.
Soil water regime in a eucalypt forest and in a deforested area. Major advisor: Roberto Ferreira de Novais. Committee members: Nairam Félix de Barros and Hélio Garcia Leite.

This work had as objectives: i) the evaluation of spatial and temporal variations in soil water in a seven-year-old high-forest eucalypt stand, in a coppice vegetation, and in a clearcut area; and ii) to study the effect of border plants on water extraction from the soil. A harvest scheme was adopted in the experimental site leaving an area for vegetative regeneration; another where stumps were treated with herbicide; and a third one in which the existing eucalypt stand was maintained. Two-meter-long aluminum tubes were installed between planting lines to allow the insertion of a neutron probe. The tubes formed sequences from the clearcut area to the high forest (CA/HF), from the clearcut area to the coppice vegetation (CA/CV), and from the coppice vegetation to the high forest (CV/HF). Additional tubes were also installed away from the borders in the three areas, being located in the planting line and between two adjacent planting lines, at 0.4 and 1.8 m, respectively, from the stumps. The temporal variation in soil water for the sequences CA/HF, CA/CV, and CV/HF

followed the same trend in rainfall observed during the course of the experiment. For the CA/CV sequence, there was no border effect on any soil depth, i.e., higher water extraction by the border plants was not observed. For the CA/HF sequence, a clearer border effect was recorded. Water extraction from the soil was higher in the points located in the planting lines than in the area between planting lines. For the points located in the planting line, especially for the samplings done from January to April, a trend for higher water extraction by the eucalypt stand was observed in comparison to the coppice and clearcut areas. At the end of the rainy season, water extraction in the three areas followed different trends. The highest values were recorded for the forest, especially in reference to measurements done between planting lines. Generally, the highest values for water extraction were recorded for the upper soil layers. At the end of the rainy season and for all the areas, the highest rates of water extraction from the soil occurred when the initial soil water content was also the highest, showing that when water availability is high, water loss from the soil is intensified.

1. INTRODUÇÃO

Plantações de eucalipto no Brasil são normalmente colhidas a partir de seis anos de idade, sendo freqüente a colheita aos sete anos, quando o incremento médio anual pode chegar a cerca de $55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou mais. Em plantações conduzidas por talhadia (brotação), a taxa de crescimento inicial é, em geral, elevada em comparação com a de plantas provenientes de mudas (Reis & Reis, 1997) e, embora possam ocorrer perdas de produtividade entre regimes de corte, em alguns casos é possível conduzir três ou quatro talhadas sem prejuízo econômico.

Em geral, adota-se o sistema de corte raso, o que representa uma brusca alteração da cobertura do solo e no continuum água-solo-planta-atmosfera. Este continuum é também afetado pelo tipo de condução que se dá à floresta posterior, se brotação ou reforma do plantio. No primeiro caso, a taxa de crescimento de área foliar é rápida e resulta no rápido atingimento da capacidade suporte do sítio. Na segunda opção, a completa ocupação da capacidade do sítio se dá mais tarde. Portanto, o regime hídrico do solo será mais ou menos influenciado de acordo com a opção silvicultural adotada. Essa mudança rompe o ciclo hidrológico da bacia de drenagem, alterando o balanço entre a chuva e a evaporação, e o escoamento superficial (Sahin & Hall, 1996).

A transpiração por plantios florestais aumenta com a idade à medida que aumenta a área foliar (Lima, 1996b). Nos plantios de eucalipto no Brasil, a área foliar tende a estabilizar-se com o tempo e depois decresce. Reis et al. (1985) verificaram que a biomassa foliar de *Eucalyptus grandis* cresceu até a idade de 38 meses em um sítio de melhor qualidade e até os 32 meses em um de pior qualidade, havendo um decréscimo subsequente nos dois locais. Portanto, para um determinado sítio, a amplitude de água no solo estaria compreendida entre o momento do plantio, quando não há vegetação para transpirar, e a época de máxima área foliar, assumindo que o regime pluviométrico siga seu curso normal. Esse tipo de informação daria uma idéia aproximada sobre a magnitude da influência relativa do eucalipto no uso de água.

É difícil determinar a demanda de água por um grupo de árvores numa plantação ou floresta e isso representa um desafio para ecologistas e hidrologistas (Salama et al., 1994). Contudo, o conhecimento do conteúdo de água “in situ” fornece importante informação para entendimento e predição dos fluxos fluidos e transporte de solutos. 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 de plantas, determinar a região onde o sistema radicular é mais efetivo e outros efeitos da vegetação sobre a água do solo (Leite, 1996).

No Brasil, uma porção significativa das plantações de eucalipto está situada na região de cerrado onde o déficit hídrico pode ultrapassar 60 mm, restringindo de modo acentuado a produtividade (Golfari, 1975). Nessa situação, a relação eucalipto-água tem duas facetas importantes. A primeira é a restrição hídrica para o crescimento das árvores e, a segunda, a possível redução do deflúvio de cursos de água.

David et al. (1994), estudando os efeitos hidrológicos da colheita de *E. globulus*, concluíram que o deflúvio total de água aumenta imediatamente após o corte das plantas. Entretanto, se no ano seguinte à colheita a quantidade de chuva é reduzida, o incremento durante esse ano pode não ser notado, embora o aumento ainda possa ocorrer no segundo ano caso a precipitação aumente novamente. Esses autores mostraram que os efeitos hidrológicos da colheita são,

normalmente, de curta duração (de um a dois anos), comparados àqueles encontrados na maioria dos ecossistemas mundiais. Esses incrementos de curta duração no deflúvio total, em povoamentos de eucalipto sob talhadia, podem ser explicados pelo rápido recrescimento dos brotos (David et al., 1994). O sistema radicular já estabelecido leva a um rápido incremento do índice de área foliar e a altas taxas de transpiração (Reis & Reis, 1997). Almeida & Riekerk (1990), estudando os efeitos do corte de *E. globulus* no balanço de água do solo, sugeriram que o período de redução da transpiração depois da colheita seria de somente três meses visto que, neste período, as brotações ainda estariam com pouca área foliar.

Os efeitos hidrológicos de plantações de eucalipto têm sido motivos de controvérsias. Comunidades rurais e ambientalistas declaram que plantações de eucalipto secam nascentes e córregos. Existe também preocupação dos impactos ambientais sobre a água e os recursos do solo causados por práticas de manejo intensivas amplamente usadas nestas plantações, particularmente aquelas relacionadas ao preparo do solo e colheita. Essas alterações ambientais têm sido relevantes em muitos países (Calder, 1986, Samraj et al., 1988, Alves et al., 1990, David et al., 1994, Lima, 1996b).

A ampla idéia de que o eucalipto é consumidor voraz de água foi criticada por Calder (1992). O autor concluiu que existem grandes variações no comportamento estomático e nos padrões de enraizamento e, assim, nas taxas de transpiração entre diferentes espécies de eucalipto. Embora certas espécies, em condições naturais, de fato exibam pequeno ou nenhum controle estomático, a maioria das espécies de eucalipto o fazem (Bruijnzeel, 1997). Eucaliptos são, portanto, capazes de transpirar tanto quanto as outras espécies exceto em situações onde seu sistema radicular tem acesso direto ao lençol freático (Bruijnzeel, 1997).

De fato, poucas pesquisas têm sido feitas para determinar como as plantações podem ser manejadas para conservar e utilizar os recursos hídricos de modo eficiente. Em geral, as pesquisas são conduzidas em direção à manipulação do crescimento e do rendimento por meio de variações dos regimes silviculturais,

preparação do solo e fertilização (Schönau, 1985, Payn et al., 1988, Schafer & Groenewald, 1990, Barros et al., 1990, Herbert, 1991). Poucos estudos tentam relacionar o crescimento da plantação com os recursos hídricos. Como a água e os nutrientes minerais são complementares em relação aos processos de transporte e absorção de nutrientes, a fertilização é de pouco ou nenhum benefício se água for um fator limitante (Landsberg, 1986, Sands & Mulligan, 1990, Nambiar, 1991).

Quando a água é o principal fator limitante, sua disponibilidade para as árvores pode ser maximizada pelo manejo do solo e técnicas silviculturais tais como o desbaste e adoção de espaçamentos adequados (Nambiar & Zed, 1980), além da seleção de material genético que apresente mecanismos de sobrevivência e crescimento nessas condições (Gomes, 1994).

O método de atenuação de nêutrons é comumente empregado para medições do conteúdo de água e suas mudanças com o tempo (Elder & Rasmussen, 1994); além disso, é um método rápido e efetivo (Mackerron & Jefferies, 1987). Esse método é baseado no fato de que átomos de hidrogênio têm maior habilidade para atenuar e dispersar nêutrons rápidos (NR) que a maioria dos outros átomos. Assim, a contagem de nêutrons lentos na proximidade da fonte de NR fornece um meio de estimar o conteúdo de hidrogênio (Kramer, 1983).

Importante consideração técnica para determinação do conteúdo de água do solo pela sonda de nêutrons é a correta instalação dos tubos de acesso. Grandes espaços de ar entre os tubos e o solo, gerados durante a instalação e, ou resultantes da atividade da fauna, podem causar erros de medição (Hauser, 1984, Amoozegar et al., 1989, Weaver et al., 1991).

Pelo exposto, pode-se depreender que o manejo da água não pode ser negligenciado, principalmente no caso de reflorestamentos em sítios marginais e em projetos agro-florestais situados em áreas mais secas e, ou, mais propensas à seca (Le Maitre & Versfeld, 1997)

Visando contribuir para o entendimento das relações água-solo-eucalipto, idealizou-se este estudo com os objetivos de: i) avaliar as variações espaciais e

temporais da água do solo em uma plantação de eucalipto com sete anos de idade, e em áreas de rebrota e desmatada e ii) verificar o possível efeito de bordadura (plantas da extremidade dos talhões de eucalipto) no consumo de água do solo.

2. MATERIAL E METODOS

O estudo foi realizado na fazenda de São João, município de São João del-Rei, Minas Gerais, de propriedade da empresa Saneamento de São João del-Rei, com topografia plana e condições homogêneas de solos. O estudo foi realizado em um talhão de eucalipto com sete anos de idade, em áreas de rebrota e desmatada.

Quadro 1. Características físicas e químicas dos solos em São João del-Rei, Minas Gerais.

Local	Profundidade (cm)	Textura	pH	Matéria orgânica (%)	Nitrogênio (mg/kg)	Fósforo (mg/kg)	Enxofre (mg/kg)
Eucalipto	0-10	Argilo-siltosa	5,5	1,2	15	10	5
	10-20	Argilo-siltosa	5,5	1,2	15	10	5
Rebrota	0-10	Argilo-siltosa	5,5	1,2	15	10	5
	10-20	Argilo-siltosa	5,5	1,2	15	10	5
Desmatada	0-10	Argilo-siltosa	5,5	1,2	15	10	5
	10-20	Argilo-siltosa	5,5	1,2	15	10	5

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na fazenda Patagônia, na região de João Pinheiro, noroeste de Minas Gerais, de propriedade da empresa V & M Florestal. A área escolhida tem topografia plana e condições homogêneas de solo e de vegetação (Quadros 1 e 2). O solo da área em estudo classifica-se como Latossolo Vermelho Amarelo, textura média.

Quadro 1. Características químicas do solo, em diferentes profundidades

Prof.	Carbono	pH ¹	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC		V	m
										Efet.	Total		
- cm -	dag kg ⁻¹		- mg dm ³ -									— % —	
00-10	0,94	3,9	3,2	16	0,5	0,3	0,1	3,6	0,44	0,94	4,04	10,9	53,2
10-20	0,62	3,9	1,9	16	0,5	0,2	0,1	1,2	0,34	0,84	1,54	22,1	67,6
20-40	0,51	3,9	0,5	12	0,4	0,1	0,0	2,1	0,13	0,53	2,23	5,8	75,5
40-60	0,66	3,9	0,4	10	0,4	0,1	0,0	2,4	0,13	0,53	2,53	5,1	75,5

P e K : Extrator Mehlich 1.

Al, Ca e Mg : Extrator KCl 1 mol L⁻¹.

H + Al : Extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0.

¹ pH H₂O (1:2,5)

Quadro 2. Características físicas do solo, em diferentes profundidades

Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Densidade do solo ¹
- cm -	dag kg ⁻¹				g cm ⁻³
00-10	50	32	03	15	1,41
10-20	44	38	01	17	1,42
20-40	46	35	02	17	1,41
40-60	40	38	02	20	1,39

¹ Método da proveta

Foi utilizado um povoamento comercial de *Eucalyptus urophylla* em regime de alto fuste, com sete anos de idade, no espaçamento de 3 x 2 m. Na época do plantio, o solo foi preparado com grade “bedding” e as mudas plantadas sobre o camalhão.

Para eliminar o efeito da bordadura original, foi adotado um esquema de corte do talhão conforme a figura 1. Na época do corte, uma área foi deixada para rebrota (Brotação); em outra, foi promovida a morte das cepas (Desmatamento), com o uso de glifozate (“Roundup”), e uma terceira foi deixada com as árvores existentes (Floresta). O corte das árvores foi feito no dia 17 de setembro de 1994. Nesta mesma época, adotou-se o sistema de corte raso em todos os talhões adjacentes ao utilizado neste experimento.

Tubos para determinação da contagem de nêutrons foram instalados, em duplicata, nas entrelinhas, formando uma seqüência que ia da área desmatada (desmatamento) para a floresta em regime de alto fuste (Floresta), da área desmatada para a floresta em regime de talhadia (Brotação) e da brotação para a floresta, distantes 3,0 m entre si, nas seqüências desmatamento/floresta e brotação/floresta, e 2,0 m na seqüência desmatamento/brotação (Figura 1). Esses tubos tinham 2,0 m de comprimento e 45 mm de diâmetro externo e foram instalados deixando-se 10 cm acima da superfície do solo para o apoio da sonda de nêutrons e para evitar entrada de água pela chuva, sendo que a extremidade superior dos tubos foi coberta com uma lata. Tubos adicionais a essas seqüências

Quadro 2. Características físicas do solo, em diferentes profundidades

Prof.	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Densidade do solo ¹
- cm -	dag kg ⁻¹				g cm ⁻³
00-10	50	32	03	15	1,41
10-20	44	38	01	17	1,42
20-40	46	35	02	17	1,41
40-60	40	38	02	20	1,39

¹ Método da proveta

Foi utilizado um povoamento comercial de *Eucalyptus urophylla* em regime de alto fuste, com sete anos de idade, no espaçamento de 3 x 2 m. Na época do plantio, o solo foi preparado com grade “bedding” e as mudas plantadas sobre o camalhão.

Para eliminar o efeito da bordadura original, foi adotado um esquema de corte do talhão conforme a figura 1. Na época do corte, uma área foi deixada para rebrota (Brotação); em outra, foi promovida a morte das cepas (Desmatamento), com o uso de glifozate (“Roundup”), e uma terceira foi deixada com as árvores existentes (Floresta). O corte das árvores foi feito no dia 17 de setembro de 1994. Nesta mesma época, adotou-se o sistema de corte raso em todos os talhões adjacentes ao utilizado neste experimento.

Tubos para determinação da contagem de nêutrons foram instalados, em duplicata, nas entrelinhas, formando uma seqüência que ia da área desmatada (desmatamento) para a floresta em regime de alto fuste (Floresta), da área desmatada para a floresta em regime de talhadia (Brotação) e da brotação para a floresta, distantes 3,0 m entre si, nas seqüências desmatamento/floresta e brotação/floresta, e 2,0 m na seqüência desmatamento/brotação (Figura 1). Esses tubos tinham 2,0 m de comprimento e 45 mm de diâmetro externo e foram instalados deixando-se 10 cm acima da superfície do solo para o apoio da sonda de nêutrons e para evitar entrada de água pela chuva, sendo que a extremidade superior dos tubos foi coberta com uma lata. Tubos adicionais a essas seqüências

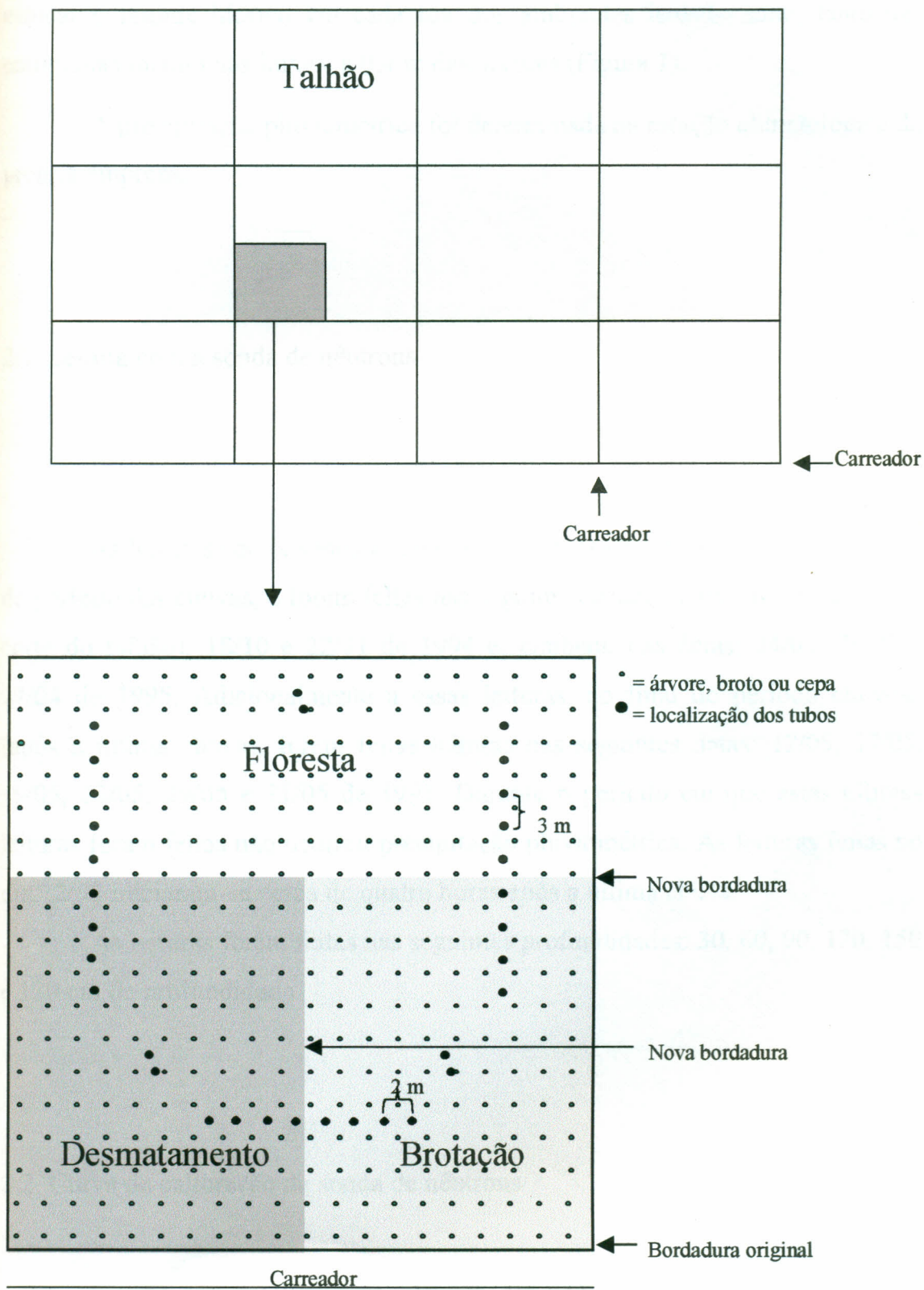


Figura 1. Esquema de corte do talhão e localização dos tubos de acesso

foram instalados nas três áreas, distantes das novas bordaduras criadas, para estudar o regime hídrico em cada um dos ambientes isoladamente, tanto nas entrelinhas quanto nas linhas, a 0,4 m das árvores (Figura 1).

A precipitação pluviométrica foi determinada na estação climatológica da própria empresa.

2.1. Leitura com a sonda de nêutrons

As leituras com a sonda iniciaram-se no mês de setembro, antes do início do período das chuvas, e foram feitas nas seguintes datas: 16/09 (um dia antes do corte do talhão), 18/10 e 22/11 de 1994 e, também, nas datas: 24/01, 28/03 e 27/04 de 1995. Adicionalmente a essas leituras, ao final do período chuvoso (após a última chuva), foram feitas leituras nas seguintes datas: 12/05, 17/05, 19/05, 22/05, 29/05 e 31/05 de 1995. Durante o período em que estas últimas leituras foram feitas não ocorreu precipitação pluviométrica. As leituras feitas no dia 12/05 iniciaram-se cerca de quatro horas após a última chuva.

As leituras foram feitas nas seguintes profundidades: 30, 60, 90, 120, 150 e 180 cm de profundidade.

2.2. Curva de calibração da sonda de nêutrons

A sonda de nêutrons usada para este estudo foi Campbell Pacific Nuclear Model 503 probe. Esta sonda tem fonte 50 mCi Am-Be e, de acordo com os

fornecedores, a curva de calibração é da seguinte forma: $\theta = a + b \times CR$, em que θ = conteúdo volumétrico de água, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, CR = proporção de contagem de nêutrons (contagem atual/contagem de referência) e a e b são constantes. A quantidade total de água (em cm) a profundidade Z é, portanto, dada por:

$$\int_0^Z \theta dZ = aZ + b \int_0^Z CR dZ$$

se a curva de calibração não mudar com a profundidade.

A curva de calibração suprida pelos fornecedores é freqüentemente incorreta para diferentes solos e tubos de acesso (Carneiro & De Jong, 1985), sendo a calibração, portanto, indispensável.

Neste trabalho, a sonda de nêutrons foi calibrada "in situ", pela comparação da contagem de nêutrons da sonda com o conteúdo de água do solo. Para efetuar esta calibração, seis tubos de acesso (de alumínio, com 45 mm de diâmetro externo e 2,0 m de comprimento) foram instalados, manual e seqüencialmente, em área anexa ao experimento, com auxílio de trados para perfuração dos orifícios e distanciados 4,5 m uns dos outros. Circularmente ao tubo, foi construído um camalhão formando um tipo de bacia, com cerca de 0,30 m de altura e 1,5 m de diâmetro. Na época seca, quantidades sucessivas de água foram adicionadas à superfície do solo nessas bacias a fim de que se atingissem diferentes conteúdos de água no solo, numa ampla faixa de umidade, desde solo bem seco até próximo à capacidade de campo. Depois de cerca de três horas, para estabilização da água adicionada, foi feita a contagem de nêutrons nas profundidades de 30, 60, 90, 120, 150 e 180 cm de profundidade. Após a leitura com a sonda, amostras de solo foram retiradas em todas as profundidades de leitura para determinação da umidade do solo pelo método gravimétrico.

2.3. Índices obtidos

A partir do conteúdo de água no solo, foram obtidos os índices:

- a) conteúdo máximo (C_{max}): corresponde ao maior conteúdo de água encontrado em cada profundidade durante os períodos monitorados, fornecendo uma estimativa do volume máximo de água que pode ser armazenado no solo;
- b) conteúdo mínimo (C_{min}): menor conteúdo de água encontrado em cada profundidade durante os períodos monitorados, dando uma idéia do esgotamento máximo de água do solo;
- c) conteúdo de exaustão (CE): conteúdo mínimo de água no solo encontrado no período chuvoso (entre novembro e abril), após o solo ter atingido seu conteúdo relativo máximo (100 %);
- d) conteúdo relativo de água (CR): é uma estimativa do quanto de água se tem no solo em relação ao quanto poderia ter na sua capacidade máxima de armazenamento; $CR = (100 \times C_i) / C_{max}$;
- e) valor máximo relativo de exaustão (VMRE): indica, em termos relativos, quanto de água foi extraída do solo em um período em que não havia restrição de água no solo; $VMRE = CE - C_{max}$;
- f) valor máximo relativo de carga (VMRC): dá idéia de quanto a água pode variar no perfil do solo durante o período amostrado; $VMRC = C_{max} - C_{min}$ e
- g) extração de água do solo.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e à análise de regressão. Para avaliar o conteúdo de água no solo, em diferentes profundidades e coberturas, em função do tempo após a última chuva, ocorrida no dia 12/05/1995, testou-se, inicialmente, o modelo proposto por Goudriaan (1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações do conteúdo de água do solo nas seqüências desmatamento/floresta (des/flo), brotação/floresta (bro/flo) e desmatamento/brotção (des/bro), para as diferentes épocas do ano e profundidades, encontram-se nas figuras 2, 3 e 4, respectivamente. As variações temporais seguiram a mesma tendência da precipitação pluviométrica observada no período analisado (Figura 5). Esta tendência também foi verificada por Leite et al. (1997), estudando o regime hídrico do solo, sob três coberturas vegetais diferentes, na região de Guanhães, MG.

De maneira geral, não se verificou extração de água do solo muito maior pela bordadura da floresta em relação aos outros ambientes. Entretanto, ao analisar a precipitação pluviométrica da região (Figura 5), verifica-se que, com o início das chuvas (outubro/1994), ocorreu aumento do conteúdo de água na camada superficial de 15-45 cm (Figuras 2, 3 e 4). Este efeito foi mais pronunciado na brotação, que estava com um mês de idade, e na área desmatada. Para os pontos localizados na floresta, praticamente não houve variação do conteúdo de água, pois a água que atingiu o solo foi, provavelmente, toda evapotranspirada. Também, boa parte da água da chuva pode ter sido perdida por interceptação pela copa e evaporada. Leite et al. (1997) concluíram que as perdas

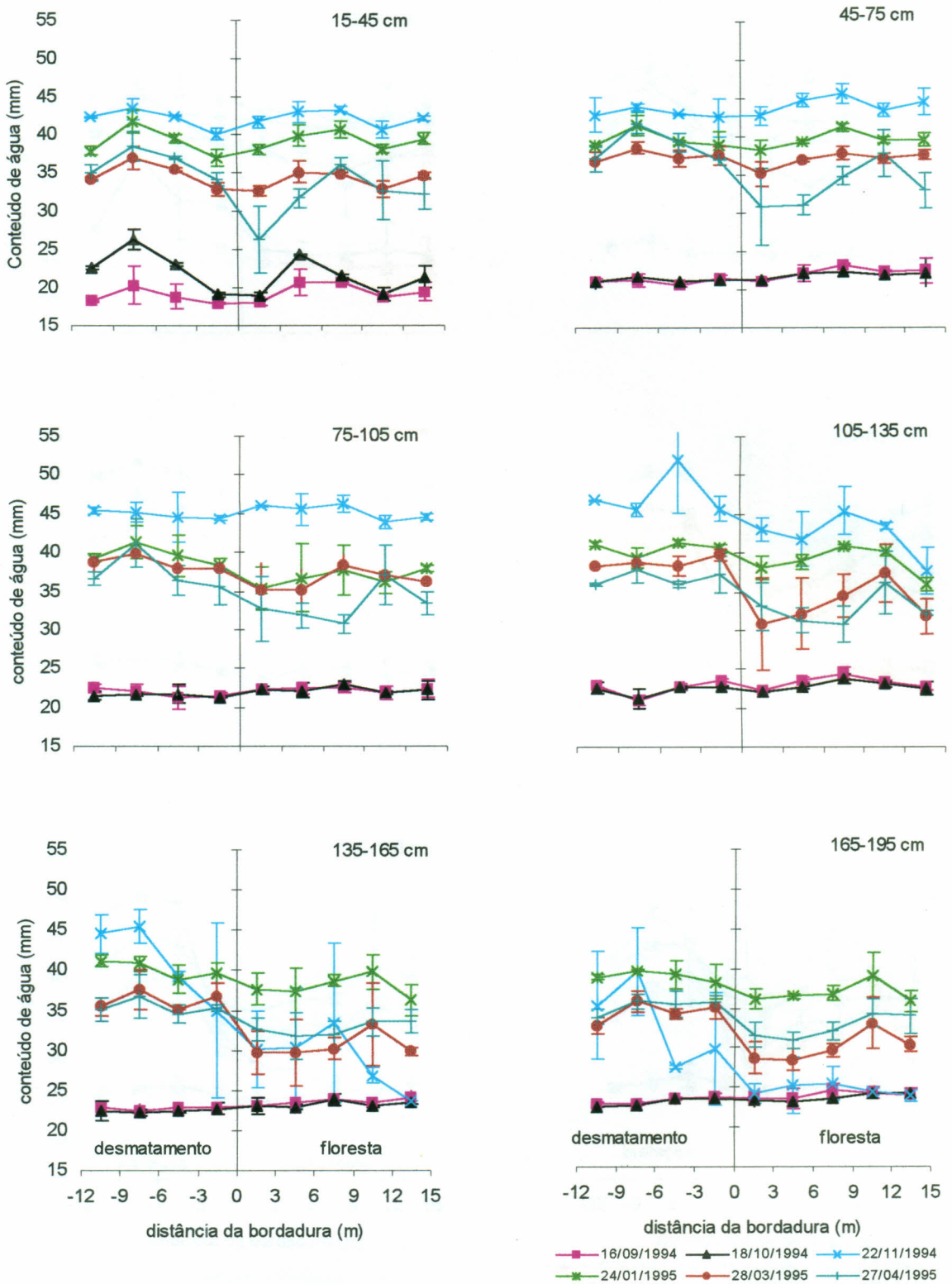


Figura 2. Conteúdo de água do solo, na seqüência desmatamento/floresta, para diferentes profundidades, determinado no intervalo de 16/09/1994 a 27/04/1995. O corte das árvores se deu em 17/09/1994.

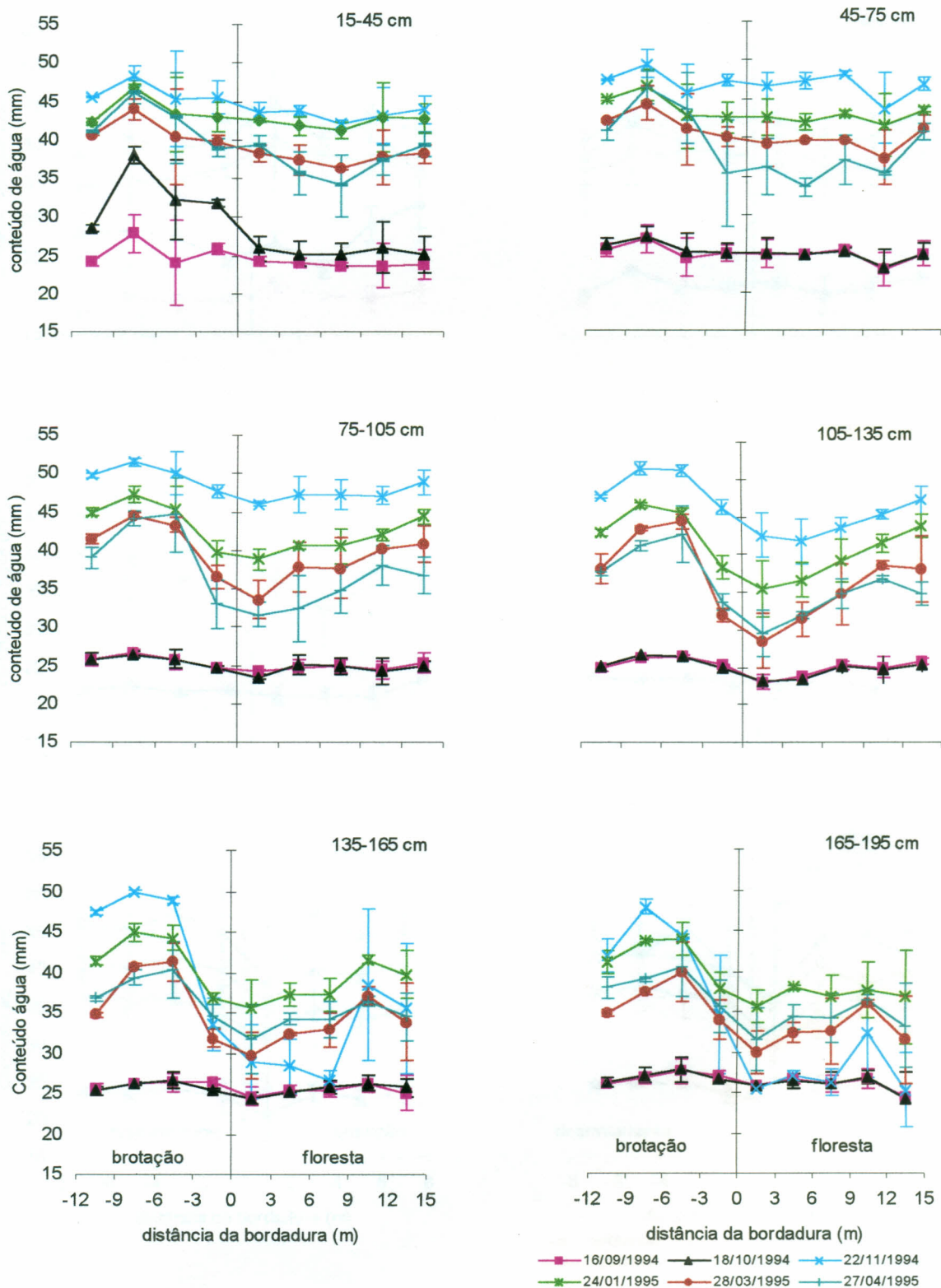


Figura 3. Conteúdo de água do solo, na seqüência brotação/floresta, para diferentes profundidades, determinado no intervalo de 16/09/1994 a 27/04/1995. O corte das árvores se deu em 17/09/1994.

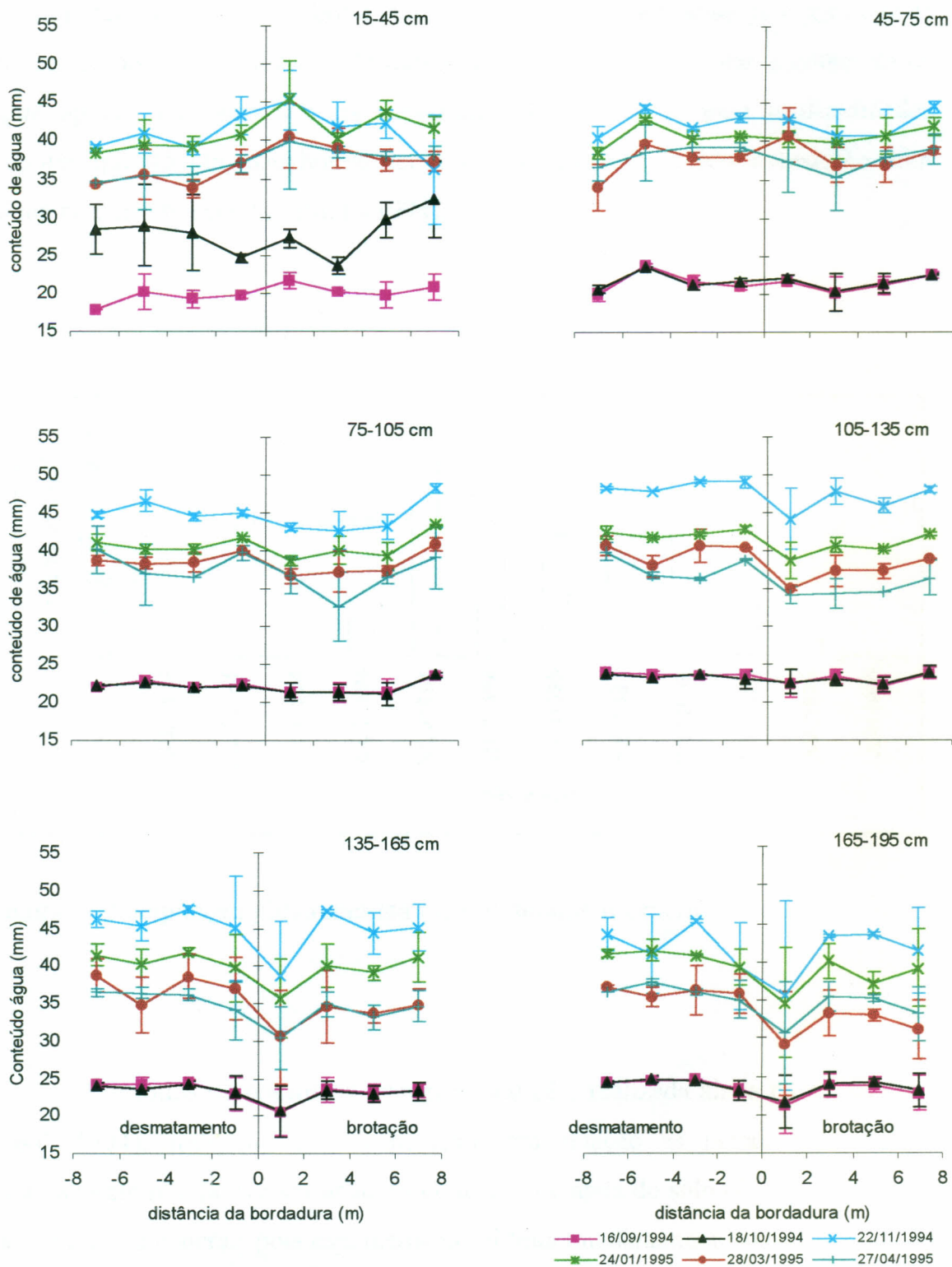


Figura 4. Conteúdo de água do solo, na seqüência desmatamento/brotação, para diferentes profundidades, determinado no intervalo de 16/09/1994 a 27/04/1995. O corte das árvores se deu em 17/09/1994.

diretas de água interceptada nas copas representam uma importante forma de interferência das árvores sobre o ciclo hidrológico. Observou-se, também, que as primeiras chuvas (outubro/1994) foram suficientes para aumentar o conteúdo de água apenas na camada mais superficial (15-45 cm); já para profundidades maiores que 45 cm, não houve nenhuma variação em relação à medição feita ainda no período seco (setembro/1994).

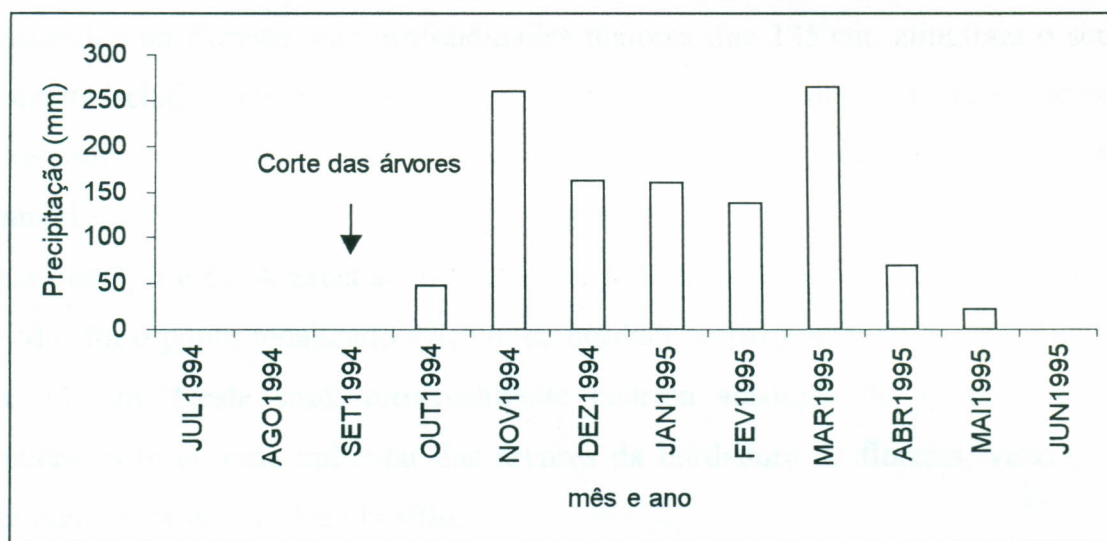


Figura 5. Precipitação pluviométrica mensal durante o experimento.

Em todos os pontos da primeira medição, realizada ainda na época seca (16/09/1994), independente da posição (em relação às novas bordaduras), praticamente não houve variação do conteúdo de água do solo (Figuras 2, 3 e 4). Isso era de se esperar, pois esta medição foi feita imediatamente antes do corte da floresta (um dia), existindo, assim, as mesmas condições para todas as posições.

Quando se analisou o conteúdo de água para o mês de novembro (mês que, juntamente com o de março, apresentou a maior precipitação pluviométrica), observou-se que o solo atingiu o seu conteúdo máximo de água em praticamente

todos os ambientes e profundidades (Figuras 2, 3 e 4; Quadros 3, 4 e 5). A exceção ocorreu para os pontos localizados na floresta em que, a partir da profundidade de 105 cm, tanto na seqüência des/flo quanto na bro/flo, o conteúdo de água diminuiu drasticamente. Provavelmente, houve grande extração de água em superfície pelo sistema radicular das árvores impedindo maior movimento em profundidade. Também, em profundidade, pode ter ocorrido maior extração de água do solo pelas árvores em relação à área desmatada e brotação, não sendo a precipitação, assim, suficiente para aumentar significativamente a umidade na floresta em maiores profundidades com as primeiras chuvas. Os pontos localizados na floresta, nas profundidades maiores que 135 cm, atingiram o seu conteúdo relativo máximo somente no mês de janeiro, enquanto praticamente todos aqueles localizados nas brotações e na área desmatada atingiram o conteúdo relativo máximo ainda em novembro, em todas as profundidades (Quadros 3, 4 e 5). A exceção, no caso dos pontos na brotação, para a seqüência bro/flo, foi o ponto localizado a 1,5 m da bordadura, para profundidades maiores que 135 cm. Neste caso, provavelmente ocorreu absorção de água do solo, também, pelo sistema radicular das árvores da bordadura da floresta, visto que este ponto está na interface bro/flo.

Na seqüência des/bro, praticamente não houve efeito de bordadura, isto é, não houve maior consumo de água pelas plantas localizadas na extremidade da parcela (brotações) em nenhuma das profundidades analisadas (Figura 4). Houve tendência de decréscimo no conteúdo de água somente no ponto situado a 1 m da bordadura, nas camadas de 135-165 e 165-195 cm de profundidade. Nas demais, o comportamento foi bastante semelhante entre os vários pontos, para cada data.

Na seqüência des/flo, houve, de maneira geral, um efeito mais nítido de bordadura, evidenciando maior consumo de água pelas plantas localizadas na extremidade dos talhões, implicando em menor conteúdo de água do solo (Figura 2). Provavelmente, isso ocorreu porque essas plantas têm maior taxa de crescimento e maior área foliar que as demais e por ser a região da floresta de maior incidência luminosa, bem como, também, a mais sujeita à ação de ventos,

Quadro 3. Conteúdo relativo de água (CR)¹ considerando a distância da bordadura, a profundidade e a data da determinação, na seqüência desmatamento-floresta

Prof.	Data	Distância da bordadura ² (m)									
		-10,5	-7,5	-4,5	-1,5	1,5	4,5	7,5	10,5	13,5	Média
cm		----- % -----									
15-45	16/09	42,9	46,8	39,2	44,6	43,1	48,0	47,7	45,7	46,2	44,9
	18/10	53,4	60,6	54,1	47,5	45,5	56,4	49,6	47,2	50,7	51,7
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	89,6	96,4	92,9	92,0	91,2	92,8	93,6	93,7	93,7	92,9
	28/03	80,6	85,3	83,5	81,8	78,4	81,6	80,3	80,7	82,1	81,6
	27/04	82,6	88,8	86,7	85,2	63,2	73,7	83,4	80,4	76,6	80,1
45-75	16/09	46,4	46,0	45,7	48,3	46,8	47,2	48,8	49,0	48,2	47,4
	18/10	46,4	46,9	46,3	47,7	47,5	47,0	46,4	48,1	47,3	47,1
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	90,1	94,4	90,9	90,9	88,8	87,4	89,8	90,6	88,3	90,1
	28/03	84,8	87,2	86,0	87,6	81,5	81,8	82,0	84,9	83,5	84,4
	27/04	85,8	95,1	91,0	86,4	70,8	67,9	75,2	86,5	72,7	81,3
75-105	16/09	47,0	46,6	45,1	45,9	46,2	46,8	46,3	47,4	47,8	46,6
	18/10	44,9	45,3	46,2	45,5	45,9	46,1	47,0	47,4	47,3	46,2
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	86,0	91,3	88,4	85,9	76,0	79,6	80,6	81,4	84,4	83,7
	28/03	84,7	87,7	84,4	84,8	75,1	75,9	82,0	83,8	80,2	82,1
	27/04	79,9	90,7	81,1	79,4	69,7	68,5	64,8	83,8	73,8	76,9
105-135	16/09	46,8	43,5	41,3	49,2	49,4	54,4	51,6	51,4	58,3	49,5
	18/10	45,9	43,7	41,3	47,5	48,9	52,1	50,1	50,6	57,7	48,6
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	87,3	85,8	78,7	88,3	88,3	92,8	89,2	92,3	95,4	88,7
	28/03	81,2	84,2	72,7	86,4	70,2	75,8	74,5	85,2	83,7	79,3
	27/04	75,8	82,3	68,0	80,6	75,9	73,7	66,1	82,2	84,8	76,6
135-165	16/09	49,2	47,1	55,8	55,3	59,0	60,8	59,7	56,7	64,5	56,5
	18/10	47,9	46,7	54,7	55,0	59,0	59,0	59,4	55,5	62,7	55,5
	22/11	100,0	100,0	100,0	87,5	79,0	79,9	85,7	65,7	63,2	84,6
	24/01	92,1	89,3	99,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,8
	28/03	78,6	82,0	89,0	92,0	77,7	78,3	76,8	82,8	81,3	82,1
	27/04	77,6	80,0	87,4	88,2	85,8	84,0	81,4	83,4	92,6	84,5
165-195	16/09	57,0	55,3	57,9	60,2	63,4	62,4	64,7	60,1	65,1	60,7
	18/10	55,4	55,0	58,1	59,6	62,7	61,6	62,0	59,6	65,2	59,9
	22/11	90,5	99,7	68,6	76,7	64,8	67,5	67,1	60,4	64,8	73,3
	24/01	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	28/03	83,3	89,7	86,7	90,9	78,2	76,7	79,6	83,7	83,7	83,6
	27/04	86,5	89,6	90,1	92,9	86,8	83,9	86,5	87,1	94,4	88,6

1. $CR = (100 \times C_i) / C_{max}^3$;

2. Valores negativos correspondem a pontos na área desmatada e positivos, na floresta;

3. Conteúdo máximo de água do solo, para cada profundidade, incluindo todos os períodos analisados.

Quadro 4. Conteúdo relativo de água (CR)¹ considerando a distância da bordadura, a profundidade e a data da determinação, na seqüência brotação-floresta

Prof.	Data	Distância da bordadura ² (m)									
		-10,5	-7,5	-4,5	-1,5	1,5	4,5	7,5	10,5	13,5	Média
cm		----- % -----									
15-45	16/09	53,0	57,5	53,0	56,7	55,8	54,7	56,4	54,8	54,2	55,1
	18/10	62,6	78,7	71,0	69,7	59,5	57,5	59,9	60,4	57,2	64,0
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	92,7	96,8	95,5	94,4	97,8	95,5	98,3	99,5	97,2	96,4
	28/03	89,1	90,9	89,2	87,4	87,9	85,2	86,3	87,3	86,8	87,8
	27/04	89,8	95,5	94,6	85,5	90,3	81,2	81,2	86,5	89,7	88,3
	45-75	16/09	51,7	52,4	51,4	50,8	51,3	50,4	50,6	50,2	51,0
18/10		53,1	53,1	53,1	50,6	51,8	50,5	50,4	50,9	51,1	51,6
22/11		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
24/01		94,4	94,2	93,1	89,2	91,0	88,2	88,6	95,0	92,6	91,8
28/03		88,3	89,2	89,2	83,9	83,0	83,1	81,3	84,8	87,3	85,6
27/04		85,6	93,6	95,5	73,5	76,6	69,7	75,7	80,0	86,1	81,8
75-105		16/09	49,9	49,7	49,5	49,4	50,3	50,2	50,5	49,5	49,6
	18/10	49,8	49,2	49,6	49,6	48,7	50,9	50,4	49,0	48,8	49,6
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	90,0	91,5	90,2	82,4	83,6	85,3	85,0	88,8	90,4	87,5
	28/03	82,6	85,7	85,9	75,5	71,6	79,1	78,7	84,5	82,8	80,7
	27/04	77,4	85,0	88,7	67,8	67,2	67,4	72,1	79,7	74,0	75,5
	105-135	16/09	50,0	48,8	49,4	52,5	51,7	54,7	56,0	52,8	52,5
18/10		50,3	49,5	49,6	51,5	52,1	53,5	55,6	52,3	51,6	51,8
22/11		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
24/01		89,4	90,1	88,2	82,1	82,3	87,1	89,8	91,1	92,3	88,0
28/03		79,0	83,6	86,0	67,8	65,2	74,0	78,8	84,3	79,7	77,6
27/04		78,0	78,8	82,6	71,5	67,9	75,1	79,0	80,1	72,5	76,2
135-165		16/09	51,7	50,7	51,9	70,1	67,4	66,2	66,5	61,1	61,0
	18/10	51,4	50,6	52,4	67,3	66,9	65,5	67,5	61,3	62,9	60,7
	22/11	100,0	100,0	100,0	90,8	80,3	75,0	69,9	92,2	88,8	88,6
	24/01	86,8	89,8	90,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,3
	28/03	72,1	80,9	83,8	85,6	82,4	86,0	87,5	88,6	84,4	83,5
	27/04	76,6	78,0	81,7	93,6	88,4	91,4	91,3	86,8	86,2	86,0
	165-195	16/09	60,1	53,9	60,3	70,1	70,6	68,2	69,0	69,0	64,3
18/10		60,6	54,6	61,0	69,0	70,6	67,6	69,0	69,3	63,5	65,0
22/11		100,0	100,0	100,0	91,0	69,8	69,4	69,6	84,8	66,9	83,5
24/01		97,9	91,1	99,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,7
28/03		82,0	77,2	89,5	89,4	83,1	84,5	87,7	95,2	84,6	85,9
27/04		90,1	80,6	90,8	94,1	87,9	89,7	92,2	96,6	89,7	90,2

1. $CR = (100 \times Ci)/C_{max}^3$;

2. Valores negativos correspondem a pontos na brotação e positivos, na floresta;

3. Conteúdo máximo de água do solo, para cada profundidade, incluindo todos os períodos analisados.

Quadro 5. Conteúdo relativo de água (CR)¹ considerando a distância da bordadura, a profundidade e a data da determinação, na seqüência desmatamento-brotação

Prof.	Data	Distância da bordadura ² (m)								Média
		-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	
----- % -----										
15-45	16/09	45,4	49,2	49,1	45,6	47,7	48,4	44,9	50,0	47,5
	18/10	72,7	70,6	71,3	56,9	59,9	56,6	67,5	77,5	66,6
	22/11	100,0	100,0	99,6	100,0	99,6	100,0	96,1	86,7	97,8
	24/01	97,6	96,2	100,0	94,0	100,0	96,7	100,0	100,0	98,0
	28/03	87,6	86,7	86,0	85,7	89,2	93,2	85,1	89,6	87,9
	27/04	88,1	86,3	91,0	85,4	87,7	92,0	86,5	91,7	88,6
45-75	16/09	46,5	51,6	49,6	46,1	48,5	46,8	49,5	48,3	48,3
	18/10	48,4	51,0	48,3	47,6	49,1	47,3	50,2	48,5	48,8
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,7	100,0	100,0
	24/01	94,5	96,5	96,1	94,3	93,6	97,8	100,0	93,9	95,8
	28/03	83,0	89,1	89,9	87,4	95,1	90,2	90,0	86,6	88,9
	27/04	89,9	86,5	93,3	90,8	86,3	86,1	92,4	86,9	89,0
75-105	16/09	46,5	46,5	47,2	47,2	47,0	47,5	46,9	46,3	46,9
	18/10	47,0	46,3	47,0	46,7	47,1	47,6	46,2	46,6	46,8
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	91,3	85,7	90,1	92,3	89,3	93,6	90,7	89,4	90,3
	28/03	86,0	81,4	85,8	88,2	84,3	86,6	86,0	84,0	85,3
	27/04	89,2	78,3	81,2	87,7	84,4	75,1	83,9	80,0	82,5
105-135	16/09	47,2	47,2	45,4	46,0	48,4	46,6	46,0	47,3	46,8
	18/10	46,8	46,3	45,9	44,6	49,0	46,0	46,1	47,8	46,5
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	87,2	86,8	85,3	86,8	87,0	84,5	87,1	87,4	86,5
	28/03	83,4	78,7	82,2	81,5	78,4	77,0	80,3	80,4	80,2
	27/04	81,7	76,0	72,7	78,0	76,2	70,7	74,0	74,7	75,5
135-165	16/09	50,1	51,4	49,2	48,7	50,5	47,4	49,8	49,2	49,5
	18/10	49,6	49,7	48,8	49,0	50,7	47,3	49,1	49,2	49,2
	22/11	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	24/01	89,3	88,5	87,6	87,7	91,8	83,9	87,6	90,6	88,4
	28/03	83,4	75,6	80,4	81,3	77,7	71,6	74,7	76,0	77,6
	27/04	78,0	79,4	74,9	74,5	77,3	72,5	73,6	75,6	75,7
165-195	16/09	53,4	54,6	52,4	57,4	57,5	52,8	52,6	52,5	54,1
	18/10	53,6	57,3	51,8	56,6	58,6	53,2	53,3	53,6	54,8
	22/11	100,0	98,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9
	24/01	94,1	100,0	89,8	99,8	97,0	92,2	84,7	94,1	93,9
	28/03	83,4	84,4	79,3	90,5	81,2	75,5	74,5	73,6	80,3
	27/04	82,0	89,6	78,8	88,4	85,7	80,7	80,1	79,0	83,0

1. $CR = (100 \times Ci)/Cmax^3$;

2. Valores negativos correspondem a pontos na área desmatada e positivos, na brotação;

3. Conteúdo máximo de água do solo, para cada profundidade, incluindo todos os períodos analisados.

provocando maior taxa de transpiração, com conseqüente maior absorção de água do solo. Esse efeito foi mais notado em maiores profundidades e, principalmente, para as leituras feitas em março e abril de 1995. Para as leituras feitas em janeiro de 1995, não se verificou nenhum efeito de bordadura a menores profundidades, mostrando que, em época bastante úmida, não existiu diferença entre os diversos pontos. Neste caso, a maior ou menor absorção de água pelas raízes, dependendo da posição, não foi evidenciada devido à maior reposição da água do solo pela chuva.

Comportamento semelhante do regime hídrico do solo para a seqüência des/flo foi observado para a seqüência bro/flo (Figura 3). Neste caso, houve maior consumo de água pela bordadura da floresta, em detrimento da bordadura da brotação. Isso ocorreu porque, além de a brotação ainda estar em idade jovem até o último período avaliado (oito meses), a presença da floresta nesta região (interface bro/flo) pode ter impedido a ação de ventos nestas plantas. Logo, por ter a floresta altura muito maior que a brotação no período avaliado, os ventos podem ter influenciado mais a bordadura da floresta e menos a das brotações.

De maneira geral, o conteúdo máximo e mínimo de água do solo atingido nas três seqüências estudadas foram bastante semelhantes entre todos os pontos, em cada profundidade (Quadros 6, 7 e 8), apresentando coeficiente de variação relativamente baixo, principalmente, em menores profundidades. Em média, os menores valores de conteúdo mínimo de água do solo foram encontrados em menores profundidades. Teixeira (1996), estudando o sistema radicular de brotações de *E. urophylla* no cerrado, verificou que a maior parte da biomassa das raízes finas, médias e grossas concentra-se até a profundidade de 20 cm. Logo, é de se esperar que esta seja a camada de maior absorção de água pelo sistema radicular, culminando em menor conteúdo de água do solo. Além disso, a região mais superficial do solo é, também, aquela mais sujeita a perdas de água por evaporação.

Os pontos localizados na floresta, tanto na seqüência des/flo quanto na bro/flo, apresentaram menores valores de conteúdo de água do solo para todas as profundidades, comparados com os pontos na área desmatada e na brotação

Quadro 6. Conteúdo máximo (Cmax) e mínimo (Cmin) de água no solo entre todos os períodos monitorados, conteúdo de exaustão (CE)¹, valor máximo relativo de exaustão (VMRE)² e valor máximo relativo de recarga (VMRC)³, nas várias distâncias da bordadura e profundidades, na seqüência desmatamento-floresta

Prof.	Var.	Distância da bordadura ⁴ (m)									Média	CV ⁵
		-10,5	-7,5	-4,5	-1,5	1,5	4,5	7,5	10,5	13,5		
cm		-----mm-----										%
15-45	Cmax	42,36	43,37	42,49	40,10	41,66	42,98	43,36	40,70	42,07	42,12	2,7
	Cmin	18,18	20,02	16,45	17,41	17,61	20,13	20,62	18,32	19,42	18,68	7,6
	CE	34,14	37,01	35,47	32,81	32,65	31,68	34,81	32,70	32,22	33,72	5,2
	VMRE	-8,22	-6,37	-7,01	-7,30	-9,00	-11,30	-8,55	-8,00	-9,85	-8,40	18,1
	VMRC	24,18	23,36	26,04	22,69	24,04	22,85	22,74	22,38	22,65	23,44	5,0
45-75	Cmax	46,10	47,14	46,13	45,70	45,86	48,16	49,20	46,65	47,97	46,99	2,6
	Cmin	21,26	21,69	18,19	21,47	21,32	22,04	23,40	22,56	22,90	21,65	6,9
	CE	39,08	41,11	39,68	39,48	32,48	32,68	37,02	39,59	34,85	37,33	8,7
	VMRE	-7,02	-6,03	-6,45	-6,22	-13,38	-15,48	-12,18	-7,06	-13,12	-9,66	39,3
	VMRC	24,83	25,45	27,94	24,23	24,54	26,12	25,80	24,09	25,06	25,34	4,7
75-105	Cmax	48,76	48,58	47,86	47,70	49,48	49,07	49,90	47,18	47,93	48,50	1,8
	Cmin	21,93	22,60	21,58	21,50	22,49	22,64	23,11	22,35	22,69	22,32	2,4
	CE	38,97	42,61	38,81	37,86	34,50	33,63	32,34	38,41	35,37	36,94	8,7
	VMRE	-9,80	-5,97	-9,05	-9,84	-14,97	-15,44	-17,56	-8,77	-12,56	-11,55	32,8
	VMRC	26,84	25,98	26,28	26,20	26,99	26,43	26,78	24,84	25,24	26,17	2,8
105-135	Cmax	50,48	49,11	56,23	49,19	46,18	44,81	48,96	46,77	40,10	47,98	9,2
	Cmin	23,15	21,32	22,79	23,37	22,33	23,35	24,24	23,66	23,14	23,04	3,6
	CE	38,28	40,41	38,24	39,66	32,43	33,03	32,37	38,47	33,57	36,27	9,2
	VMRE	-12,19	-8,70	-17,98	-9,52	-13,75	-11,79	-16,60	-8,31	-6,54	-11,71	33,1
	VMRC	27,32	27,80	33,43	25,81	23,85	21,46	24,72	23,11	16,97	24,94	18,3
135-165	Cmax	47,92	48,94	41,98	42,44	40,18	39,93	41,33	42,60	38,57	42,65	8,3
	Cmin	22,97	22,85	18,51	23,33	23,44	23,57	24,55	23,63	24,19	23,00	7,7
	CE	37,19	39,16	36,69	37,43	31,23	31,28	31,74	35,26	31,34	34,59	9,2
	VMRE	-10,72	-9,77	-5,29	-5,01	-8,95	-8,65	-9,59	-7,34	-7,23	-8,06	24,7
	VMRC	24,94	26,08	23,47	19,12	16,74	16,36	16,79	18,97	14,37	19,65	21,3
165-195	Cmax	41,59	42,56	41,92	40,92	38,44	38,84	39,25	41,77	38,14	40,38	4,2
	Cmin	23,05	23,17	23,92	24,05	23,62	23,92	24,35	25,10	24,37	23,95	2,6
	CE	34,64	38,12	36,36	37,17	30,06	29,78	31,24	34,95	31,93	33,81	9,3
	VMRE	-6,95	-4,44	-5,56	-3,74	-8,38	-9,06	-8,00	-6,82	-6,21	-6,57	27,1
	VMRC	18,54	19,39	18,00	16,86	14,82	14,92	14,90	16,67	13,77	16,43	11,8

1. Menor conteúdo de água encontrado no solo no período chuvoso (entre novembro e abril), após o solo ter atingido seu conteúdo relativo máximo (100 %);
2. VMRE = CE - Cmax;
3. VMRC = Cmax - Cmin;
4. Valores negativos correspondem a pontos na área desmatada e positivos, na floresta;
5. Coeficiente de variação.

Quadro 7. Conteúdo máximo (Cmax) e mínimo (Cmin) de água no solo entre todos os períodos monitorados, conteúdo de exaustão (CE)¹, valor máximo relativo de exaustão (VMRE)² e valor máximo relativo de recarga (VMRC)³, nas várias distâncias da bordadura e profundidades, na seqüência brotação-floresta

Prof.	Var.	Distância da bordadura ⁴ (m)									Média	CV ⁵
		-10,5	-7,5	-4,5	-1,5	1,5	4,5	7,5	10,5	13,5		
cm		-----mm-----										%
15-45	Cmax	45,62	48,38	45,33	45,55	43,52	43,83	41,99	43,16	43,95	44,59	4,2
	Cmin	24,19	27,58	23,63	25,85	23,63	23,37	23,55	23,61	23,53	24,38	5,8
	CE	40,67	43,98	40,44	39,79	40,44	35,58	34,11	37,35	38,14	38,70	7,6
	VMRE	-4,96	-4,40	-4,90	-5,76	-4,90	-8,25	-7,88	-5,81	-5,82	-5,89	22,5
	VMRC	21,44	20,80	21,70	19,71	21,70	20,46	18,45	19,55	20,42	20,21	5,1
45-75	Cmax	51,18	53,50	49,25	51,13	50,28	51,03	52,07	46,94	50,54	50,66	3,6
	Cmin	26,45	28,01	25,29	25,88	25,81	25,68	26,26	23,55	25,62	25,84	4,5
	CE	47,72	43,92	43,92	37,58	38,50	35,56	39,40	37,53	43,50	40,85	9,9
	VMRE	-3,46	-9,58	-5,33	-13,55	-11,78	-15,47	-12,67	-9,41	-7,04	-9,81	40,5
	VMRC	24,74	25,49	23,96	25,25	24,47	25,35	25,81	23,39	24,92	24,82	3,1
75-105	Cmax	53,78	55,71	54,09	51,48	49,57	50,98	51,04	50,83	52,82	52,25	3,8
	Cmin	26,81	27,43	26,76	25,43	24,13	25,54	25,74	24,93	25,78	25,84	3,9
	CE	41,65	47,36	46,48	34,89	33,31	34,34	36,82	40,53	39,10	39,39	13,0
	VMRE	-12,13	-8,35	-7,60	-16,59	-16,25	-16,64	-14,22	-10,31	-13,72	-12,87	27,1
	VMRC	26,97	28,28	27,33	26,04	25,44	25,43	25,30	25,91	27,03	26,41	3,9
105-135	Cmax	51,49	55,84	55,48	49,87	45,67	44,78	46,72	48,89	50,98	49,97	7,9
	Cmin	25,74	27,24	27,24	25,66	23,63	23,96	25,97	25,57	26,31	25,70	4,9
	CE	40,15	44,00	45,82	33,80	29,79	33,16	36,82	39,16	36,96	37,74	13,7
	VMRE	-11,35	-11,84	-9,67	-16,08	-15,88	-11,62	-9,89	-9,74	-14,03	-12,23	20,6
	VMRC	25,76	28,60	28,24	24,21	22,04	20,82	20,75	23,32	24,67	24,27	11,9
135-165	Cmax	51,10	53,89	52,81	39,19	37,82	39,71	39,72	44,60	42,52	44,60	14,3
	Cmin	25,61	27,32	27,27	26,37	25,30	25,85	26,41	27,25	25,92	26,37	2,9
	CE	36,83	42,05	43,14	33,56	31,19	34,14	34,75	38,72	35,88	36,69	10,8
	VMRE	-14,27	-11,84	-9,67	-5,63	-6,64	-5,58	-4,97	-5,88	-6,64	-7,90	41,4
	VMRC	25,49	26,57	25,53	12,82	12,53	13,86	13,31	17,35	16,60	18,23	32,7
165-195	Cmax	44,99	51,76	47,68	40,30	37,85	40,55	39,18	40,22	39,17	42,41	11,1
	Cmin	27,05	27,91	28,57	28,23	26,49	27,03	26,90	27,74	24,80	27,19	4,1
	CE	36,91	39,95	42,68	36,05	31,44	34,26	34,37	38,31	33,14	36,35	9,7
	VMRE	-8,08	-11,80	-5,00	-4,26	-6,40	-6,29	-4,81	-1,91	-6,03	-6,06	45,3
	VMRC	17,94	23,84	19,11	12,07	11,36	13,51	12,29	12,49	14,38	15,22	27,6

1. Menor conteúdo de água encontrado no solo no período chuvoso (entre novembro e abril), após o solo ter atingido seu conteúdo relativo máximo (100 %);
2. VMRE = CE - Cmax ;
3. VMRC = Cmax-Cmin;
4. Valores negativos correspondem a pontos na brotação e positivos, na floresta;
5. Coeficiente de variação.

Quadro 8. Conteúdo máximo (Cmax) e mínimo (Cmin) de água no solo entre todos os períodos monitorados, conteúdo de exaustão (CE)¹, valor máximo relativo de exaustão (VMRE)² e valor máximo relativo de recarga (VMRC)³, nas várias distâncias da bordadura e profundidades, na seqüência desmatamento-brotação

Prof.	Var	Distância da bordadura ⁴ (m)							Média	CV ⁵	
		-7	-5	-3	-1	1	3	5			7
	cm	-----mm-----								%	
15-45	Cmax	39,21	41,00	39,18	43,30	45,45	41,78	43,86	39,21	41,93	5,3
	Cmin	17,79	19,69	18,55	19,73	21,23	19,71	19,47	20,54	19,59	5,4
	CE	34,53	35,38	33,71	36,96	39,87	38,46	37,31	37,32	36,69	5,6
	VMRE	-4,67	-5,63	-5,47	-6,33	-5,58	-3,32	-6,56	-4,32	-5,24	20,5
	VMRC	21,41	21,31	20,62	23,57	24,23	22,08	24,39	21,11	22,34	6,7
45-75	Cmax	43,49	47,70	44,86	46,27	45,98	43,59	43,66	47,90	45,43	4,0
	Cmin	20,21	24,19	21,65	21,09	22,28	20,38	20,97	22,68	21,68	6,1
	CE	36,08	41,27	40,34	40,45	39,66	37,53	39,31	41,48	39,52	4,7
	VMRE	-7,41	-6,43	-4,52	-5,82	-6,32	-6,06	-4,35	-6,42	-5,92	17,3
	VMRC	23,28	23,51	23,21	25,18	23,70	23,21	22,69	25,23	23,75	4,0
75-105	Cmax	48,15	50,19	47,84	48,42	46,28	45,82	46,38	52,13	48,15	4,5
	Cmin	22,37	23,23	22,12	22,61	21,40	21,75	21,43	24,05	22,37	4,1
	CE	41,40	39,32	38,84	42,45	39,00	34,44	38,91	41,73	39,51	6,3
	VMRE	-6,76	-10,87	-9,00	-5,96	-7,28	-11,39	-7,47	-10,40	-8,64	23,8
	VMRC	25,78	26,96	25,72	25,80	24,88	24,08	24,95	28,08	25,78	4,9
105-135	Cmax	52,13	51,55	53,05	53,00	47,49	51,63	49,51	51,82	51,27	3,7
	Cmin	24,39	23,89	23,73	23,49	22,98	23,74	22,71	24,42	23,67	2,6
	CE	42,61	39,17	38,59	41,34	36,18	36,48	36,63	38,73	38,72	6,0
	VMRE	-9,51	-12,38	-14,46	-11,66	-11,31	-15,14	-12,88	-13,09	-12,55	14,2
	VMRC	27,74	27,66	29,32	29,51	24,51	27,88	26,80	27,40	27,60	5,6
135-165	Cmax	49,74	48,80	51,30	48,45	41,29	51,09	47,74	48,59	48,38	6,5
	Cmin	24,91	24,26	25,03	23,60	20,84	24,14	23,44	23,91	23,77	5,5
	CE	38,81	36,91	38,43	36,09	31,91	36,56	35,11	36,73	36,32	5,9
	VMRE	-10,94	-11,89	-12,87	-12,36	-9,38	-14,53	-12,62	-11,86	-12,06	12,4
	VMRC	24,84	24,54	26,27	24,85	20,45	26,95	24,30	24,68	24,61	7,8
165-195	Cmax	46,80	44,51	48,77	42,07	37,82	46,60	46,82	44,45	44,73	7,7
	Cmin	24,30	24,30	24,90	23,82	21,54	24,77	24,39	22,97	23,87	4,7
	CE	38,36	37,56	38,45	37,17	30,71	35,19	34,87	32,72	35,63	7,9
	VMRE	-8,44	-6,95	-10,31	-4,90	-7,11	-11,42	-11,95	-11,73	-9,10	29,0
	VMRC	22,50	20,21	23,87	18,25	16,28	21,83	22,43	21,48	20,86	12,0

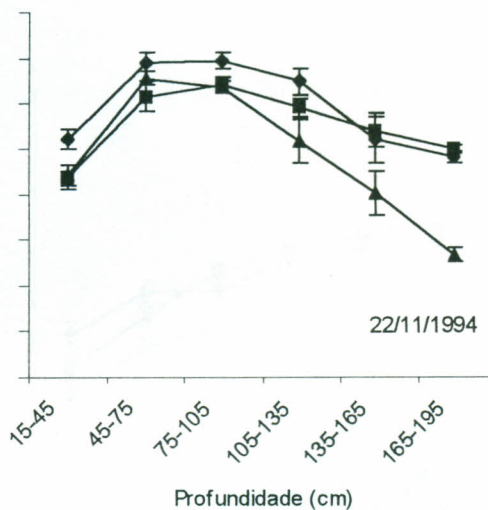
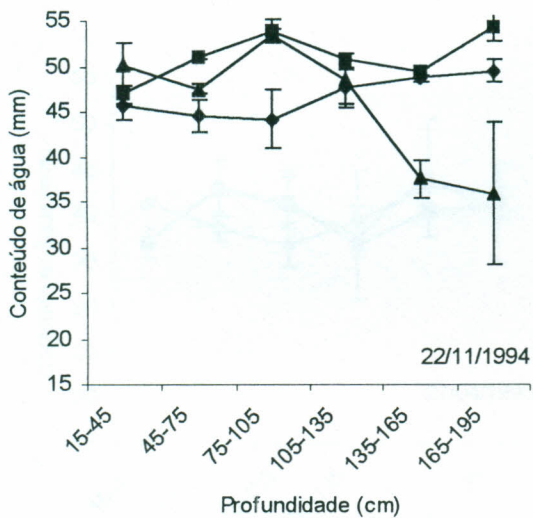
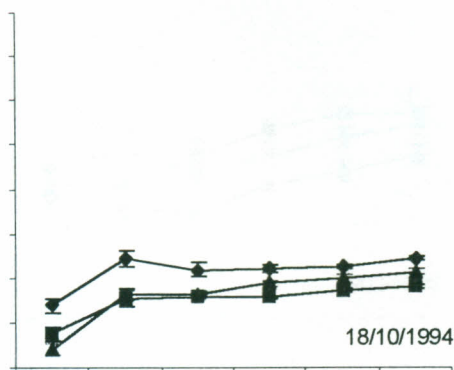
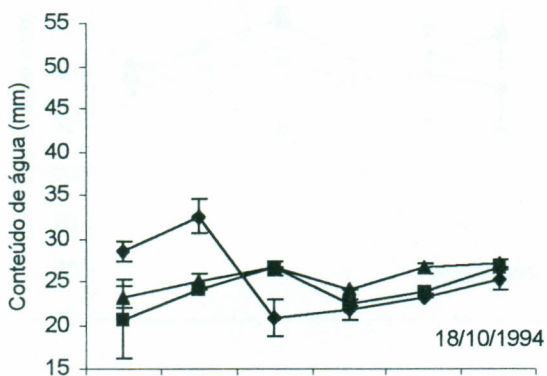
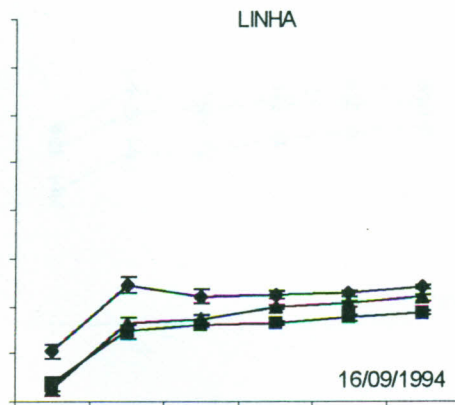
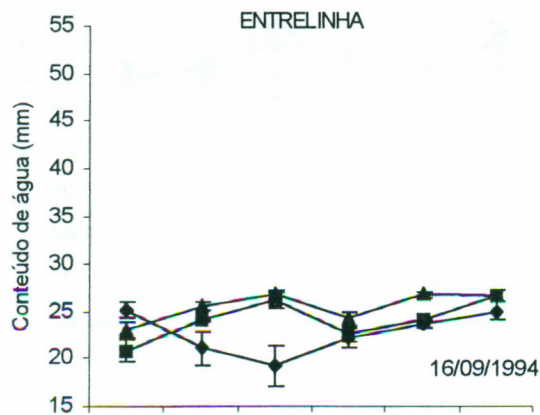
1. Menor conteúdo de água encontrado no solo no período chuvoso (entre novembro e abril), após o solo ter atingido seu conteúdo relativo máximo (100 %);
2. $VMRE = CE - Cmax$;
3. $VMRC = Cmax - Cmin$;
4. Valores negativos correspondem a pontos na área desmatada e positivos, na brotação;
5. Coeficiente de variação.

(Quadros 6 e 7). Isso indica que a extração de água do solo durante o período chuvoso foi maior na floresta do que na brotação e na área desmatada. Assim, quando a disponibilidade de água no solo foi alta, as árvores consumiram maior quantidade de água que as brotações e, também, que a água evaporada pela área desmatada. Diversas evidências indicam que a maioria das espécies de eucalipto utilizada em plantios comercial apresenta elevado consumo hídrico, quando esse recurso é facilmente disponível. Entretanto, à medida que a disponibilidade de água no sistema diminui, ocorre forte controle da transpiração, que é mediada pelo fechamento parcial ou total dos estômatos (Gonçalves, 1992; Roberts et al., 1992; Teixeira et al., 1995, Lima, 1996a).

Assim como os valores de conteúdo máximo e mínimo de água no solo, os valores de recarga também não variaram entre si. Isso significa que a faixa de variação da umidade do solo ($C_{max}-C_{min}$) foi praticamente a mesma entre todos os pontos, para cada profundidade (Quadros 6, 7 e 8).

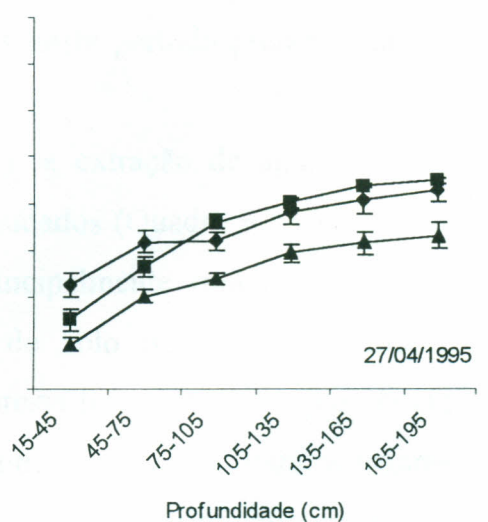
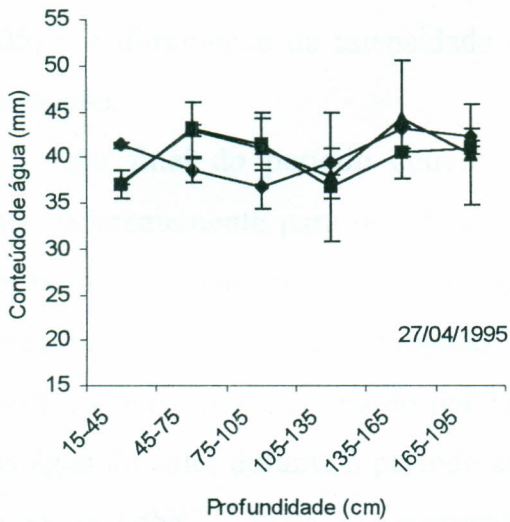
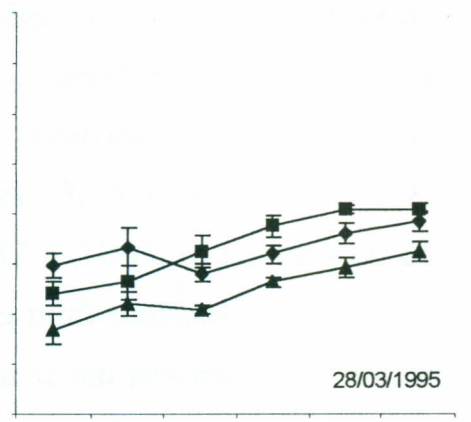
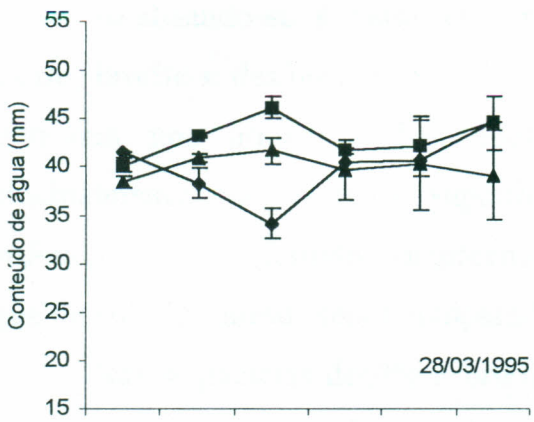
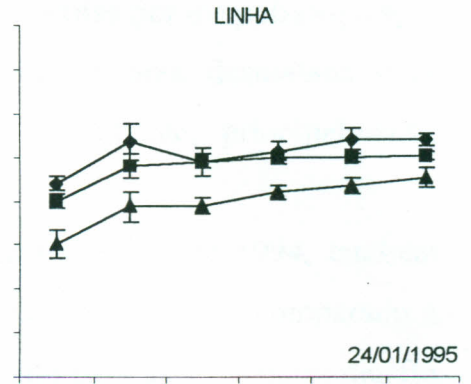
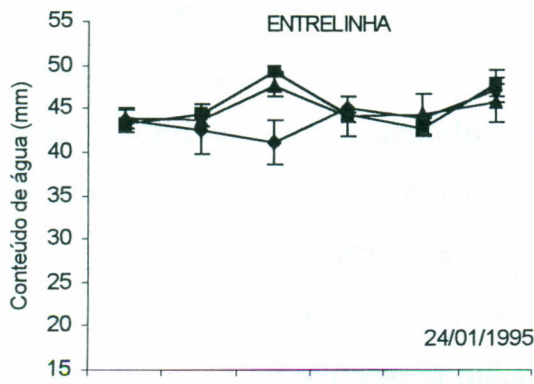
Estudou-se, também, o regime hídrico do solo em cada um dos três ambientes isoladamente, isto é, distante das novas bordaduras. Verificou-se que, para todas as profundidades e épocas do ano, a extração de água do solo foi muito maior nos pontos localizados na linha (a 40 cm da cepa) do que na entrelinha ($\approx 1,8$ m da cepa), o que pode ser verificado pelo menor conteúdo de água do solo para aqueles pontos (Figuras 6 e 7). Teixeira (1996) e Martins et al. (1997) verificaram que a maior parte das raízes localiza-se mais próximo à cepa; assim, é de se esperar maior consumo de água nessa região. Maior extração de água do solo na região mais próxima às árvores também foi verificada por Leite (1996) e Assis et al. (1998).

Para os pontos localizados na entrelinha, não se verificou tendência clara de diferenciação quanto à variação do conteúdo de água entre os três ambientes estudados (Figuras 6 e 7). Entretanto, para os localizados na linha, principalmente nas amostragens feitas em época chuvosa (janeiro-abril), existiu tendência de maior extração da água do solo pela floresta em relação à brotação e à área desmatada (Figura 7). Isto evidencia, novamente, que quando a disponibilidade hídrica do solo foi maior, as perdas de água do solo por



◆ brotação ■ desmatamento ▲ floresta

Figura 6. Conteúdo de água do solo, na entrelinha e na linha, para brotação, floresta e área desmatada, em diferentes profundidades e épocas do ano. O corte das árvores se deu em 17/09/1994.



◆ brotação ■ desmatamento ▲ floresta

Figura 7. Conteúdo de água do solo, na entrelinha e na linha, para brotação, floresta e área desmatada, em diferentes profundidades e épocas do ano. O corte das árvores se deu em 17/09/1994.

evapotranspiração na floresta foram maiores que as perdas por evapotranspiração na brotação e por evaporação na área desmatada. A área desmatada e as brotações apresentaram comportamento bastante semelhante, principalmente, para os pontos localizados na linha (Figuras 6 e 7).

Para os pontos localizados na floresta, em novembro de 1994, também foi verificado menor conteúdo de água em maiores profundidades comparado a menores profundidades, como já tinha sido observado para as seqüências des/flo e bro/flo (Figuras 2, 3 e 6).

Analisando-se a variação periódica da água do solo nas seqüências des/flo, bro/flo e des/bro, verificou-se que, de modo geral, as maiores variações ocorreram nos primeiros dias após a chuva ocorrida no dia 12/05 e, principalmente, nas camadas superficiais (Figuras 8, 9 e 10). Em maiores profundidades, no período compreendido entre 12 e 31/05, o esgotamento de água do solo foi muito menor comparado a menores profundidades.

Nas seqüências des/flo e bro/flo, verificou-se um pronunciado efeito de bordadura para os pontos localizados na extremidade da floresta (Figuras 8 e 9). Isso refletiu o que já tinha sido observado para as determinações feitas em 27/04, que já apresentavam o efeito de bordadura também para estas seqüências e data (Figuras 2 e 3). A proximidade das datas de leitura com a sonda (entre 27/04 e 12/05) e a *diminuição da intensidade das chuvas neste período proporcionaram tal situação.*

Ao final do período chuvoso (05/1995), a extração de água do solo variou diferentemente para os três ambientes estudados (Quadro 9). Os maiores valores foram observados para a floresta, principalmente tomando-se como referencial a variação do conteúdo de água do solo obtida na entrelinha, mostrando que, após a chuva do dia 12/05, a floresta foi o ambiente que extraiu mais água do solo, durante o período avaliado (entre 12 e 31/05). Para os valores obtidos na linha, as brotações apresentaram extração de água do solo um pouco maior que a floresta. De maneira geral, os maiores valores foram observados para as menores profundidades e para o primeiro período avaliado (12-17/05), independente do ambiente. Observou-se que as estimativas de extração de água

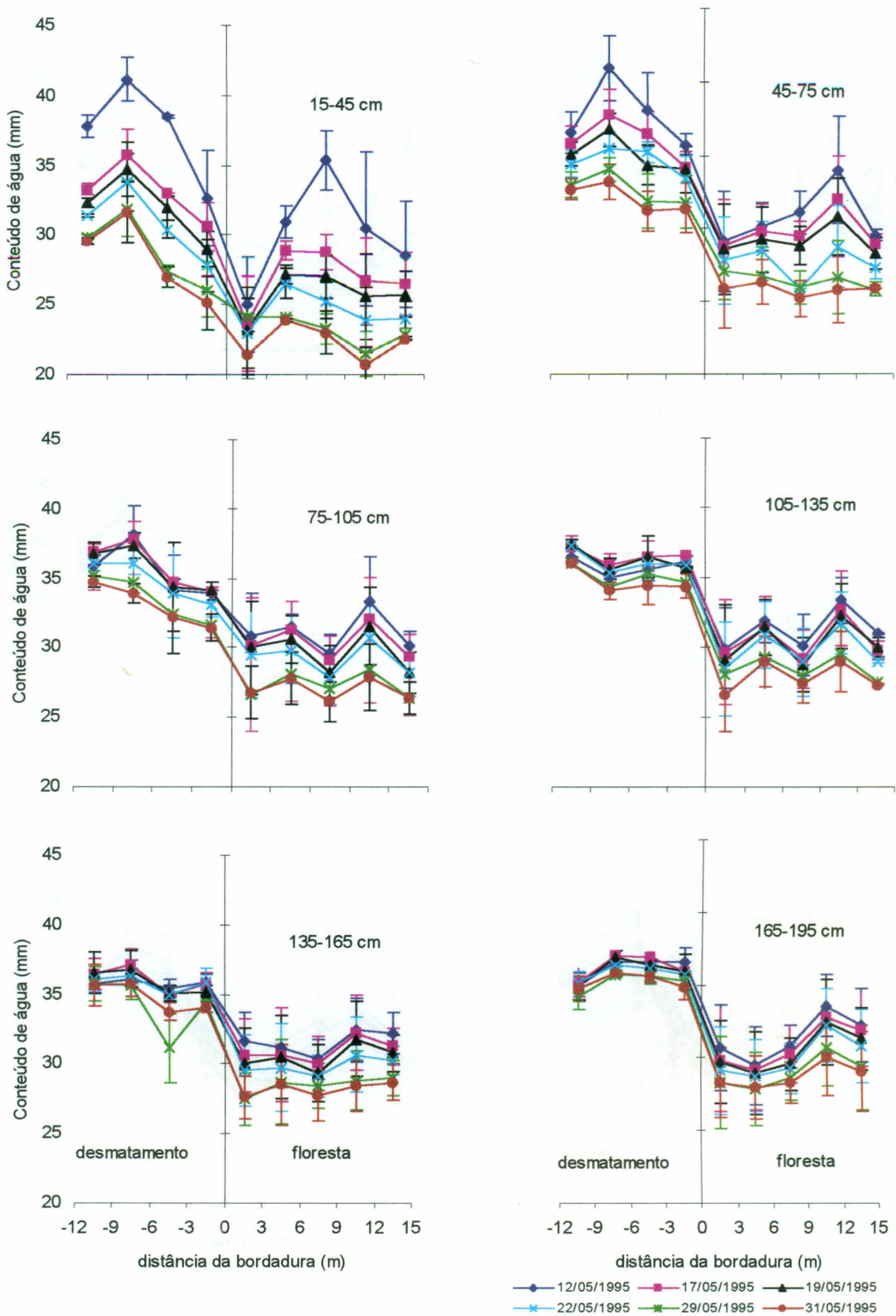


Figura 8. Conteúdo de água do solo na seqüência desmatamento/floresta, nas diferentes profundidades, para determinações iniciadas cerca de quatro horas após a última chuva, ocorrida no dia 12/05/1995.

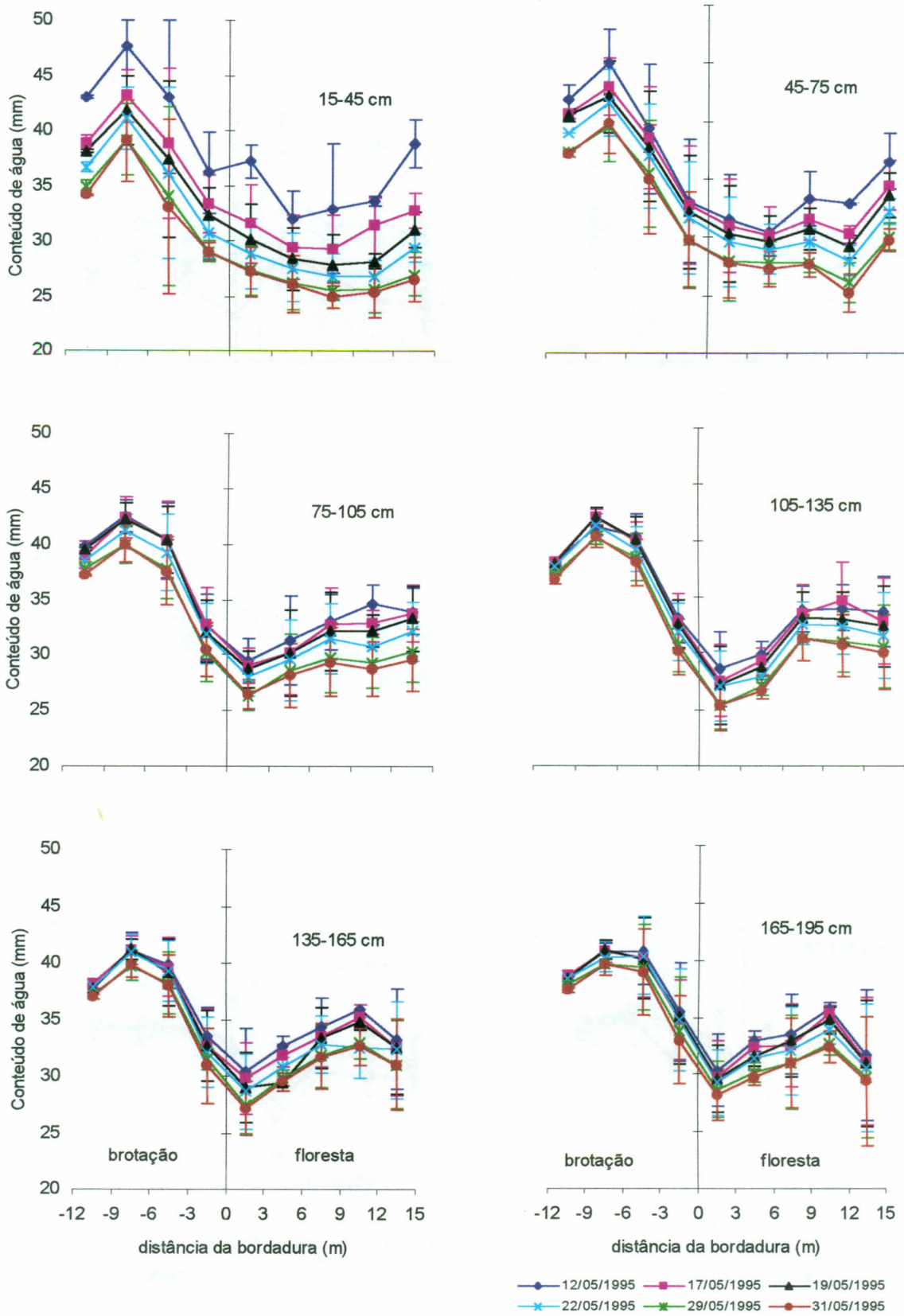


Figura 9. Conteúdo de água do solo na seqüência brotação/floresta, nas diferentes profundidades, para determinações iniciadas cerca de quatro horas após a última chuva, ocorrida no dia 12/05/1995.

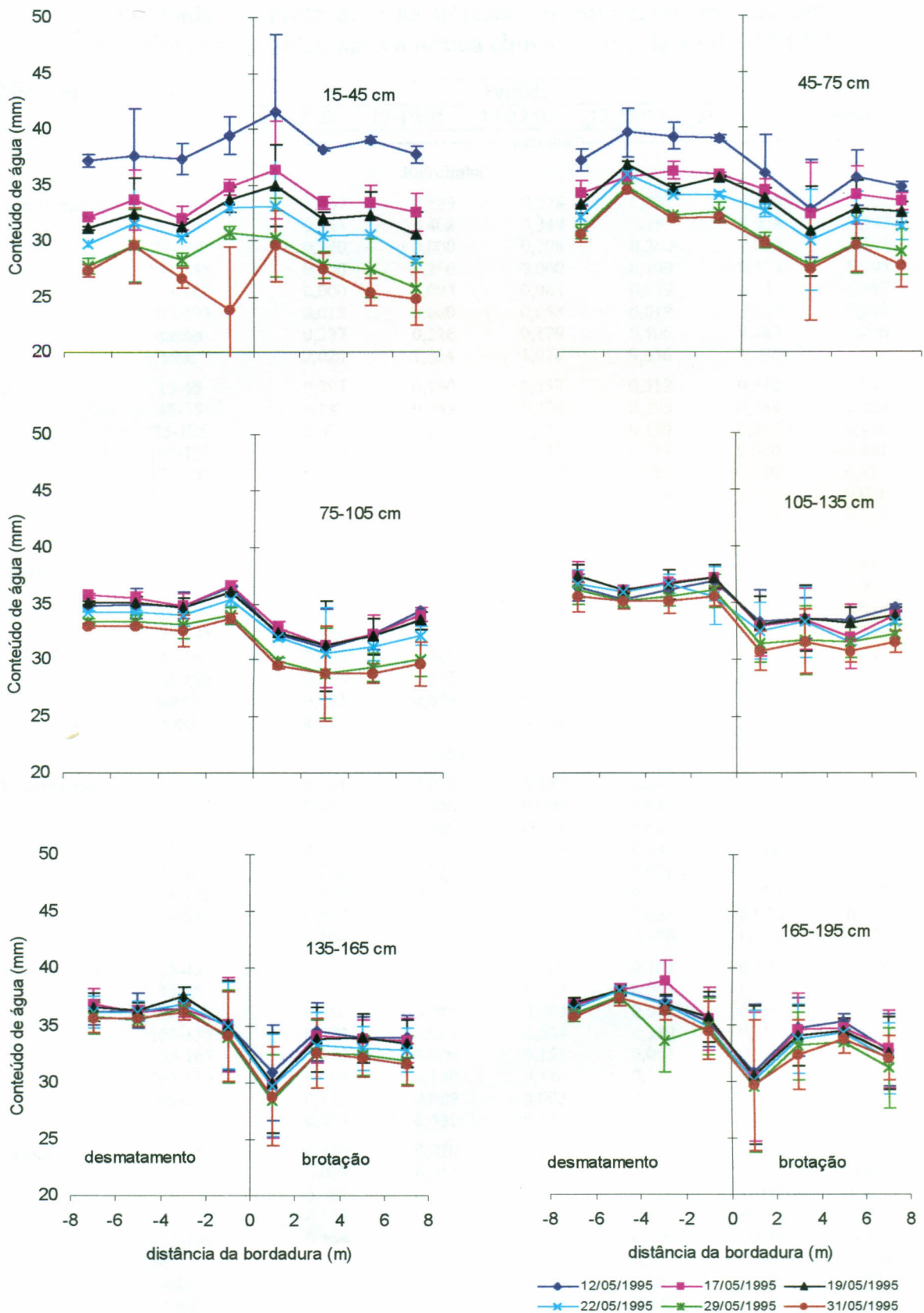


Figura 10. Conteúdo de água do solo na seqüência desmatamento/brotação, nas diferentes profundidades, para determinações iniciadas cerca de quatro horas após a última chuva, ocorrida no dia 12/05/1995.

Quadro 9. Extração de água do solo, ao final do período chuvoso, na área desmatada, na brotação e na floresta, em diferentes profundidades, na entrelinha e na linha, após a última chuva¹, ocorrida no dia 12/05/1995

Cobertura	Profundidade --cm--	Período					Média
		12-17/05	17-19/05	19-22/05	22-29/05	29-31/05	
		mm dia ⁻¹					
Entrelinha							
Desmatamento	15-45	1,007	0,589	0,378	0,052	0,484	0,502
	45-75	0,755	0,408	0,349	0,187	0,038	0,347
	75-105	0,240	0,000	0,206	0,260	0,000	0,141
	105-135	0,000	0,260	0,000	0,100	0,105	0,093
	135-165	0,000	0,097	0,084	0,019	0,235	0,087
	165-195	0,018	0,000	0,058	0,019	0,229	0,065
	média	0,337	0,226	0,179	0,106	0,182	0,206
	total	2,020	1,354	1,076	0,636	1,090	
brotação	15-45	0,797	0,760	0,357	0,319	0,612	0,569
	45-75	0,184	0,243	0,276	0,295	0,169	0,233
	75-105	0,000	0,077	0,317	0,190	0,265	0,170
	105-135	0,000	0,142	0,137	0,224	0,000	0,101
	135-165	0,000	0,250	0,037	0,152	0,240	0,136
	165-195	0,047	0,000	0,123	0,134	0,000	0,061
	média	0,171	0,245	0,208	0,219	0,214	0,212
	total	1,028	1,472	1,246	1,314	1,286	
floresta	15-45	1,838	1,316	0,754	0,252	0,000	0,832
	45-75	1,317	1,101	0,608	0,457	0,321	0,761
	75-105	0,847	0,559	0,618	0,359	0,410	0,559
	105-135	0,564	0,204	0,500	0,273	0,196	0,347
	135-165	0,093	0,366	0,269	0,238	0,236	0,240
	165-195	0,150	0,195	0,353	0,191	0,642	0,306
	média	0,802	0,623	0,517	0,295	0,301	0,508
	total	4,810	3,741	3,102	1,770	1,804	
Linha							
Desmatamento	15-45	0,101	0,000	0,127	0,066	0,155	0,090
	45-75	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,003
	75-105	0,000	0,000	0,023	0,027	0,006	0,011
	105-135	0,000	0,000	0,013	0,044	0,000	0,012
	135-165	0,000	0,107	0,000	0,026	0,000	0,027
	165-195	0,003	0,000	0,111	0,019	0,004	0,027
	média	0,017	0,018	0,046	0,033	0,028	0,028
	total	0,104	0,107	0,274	0,196	0,165	
brotação	15-45	0,184	0,211	0,108	0,101	0,135	0,148
	45-75	0,129	0,000	0,038	0,043	0,041	0,050
	75-105	0,063	0,088	0,083	0,082	0,000	0,063
	105-135	0,073	0,094	0,064	0,130	0,106	0,093
	135-165	0,138	0,000	0,151	0,061	0,189	0,108
	165-195	0,086	0,138	0,110	0,141	0,011	0,097
	média	0,112	0,089	0,092	0,093	0,080	0,093
	total	0,673	0,531	0,554	0,559	0,482	
floresta	15-45	0,159	0,020	0,170	0,000	0,117	0,093
	45-75	0,009	0,053	0,034	0,028	0,036	0,032
	75-105	0,081	0,038	0,076	0,052	0,027	0,055
	105-135	0,157	0,000	0,143	0,097	0,073	0,094
	135-165	0,154	0,171	0,127	0,090	0,019	0,112
	165-195	0,078	0,161	0,171	0,081	0,000	0,098
	média	0,106	0,074	0,120	0,058	0,045	0,081
	total	0,636	0,443	0,721	0,348	0,271	

¹ A precipitação pluviométrica do dia 12/05/1995 ocorreu cerca de quatro horas antes do início das leituras com a sonda de nêutrons. Após esta data, não houve mais precipitação na área.

do solo, em mm dia^{-1} , feitas utilizando a variação do conteúdo de água do solo, em posições diferentes, apresentaram resultados distintos. Como a extração total de água (em mm dia^{-1}) de uma floresta (ou qualquer área) independe da posição em que se determina o conteúdo de água do solo, neste caso, percebeu-se que, quando as estimativas foram feitas utilizando dados obtidos nos tubos instalados nas entrelinhas, ocorreu uma superestimação do “valor verdadeiro”, enquanto que quando feitas utilizando dados obtidos nos tubos instalados nas linhas, próximos às árvores, ocorreu uma subestimação. Assim, o “valor verdadeiro” para a extração total de água deve ser algum compreendido entre os obtidos para as duas posições analisadas.

O conteúdo de água decresceu linearmente com tempo, para a maioria das profundidades, ao final do período chuvoso (Quadro 10). Caso tivessem sido feitas avaliações por um período de tempo maior, provavelmente, o modelo mais adequado seria o proposto por Goudriaan (1994): este modelo apresenta uma fase linear e outra exponencial. Como o período avaliado foi relativamente curto (19 dias), os dados obtidos não foram suficientes para atingir a fase exponencial, mas apenas a fase linear de extração de água do solo em função do tempo (Quadro 10).

De maneira geral, as maiores taxas de extração de água, verificadas pelo coeficiente angular da reta, ocorreram na camada de 15-45 cm, para todos os ambientes, tanto na linha quanto na entrelinha (Quadro 10).

As maiores taxas de extração de água do solo ocorreram quando os valores de conteúdo de água iniciais (tempo zero) eram maiores, mostrando que, quando a disponibilidade de água do solo é mais elevada, a perda de água é mais intensificada (Quadro 10). Ao final do período chuvoso, os valores iniciais de conteúdo de água do solo obtidos na linha foram, geralmente, bem menores que os na entrelinha; por isso, as taxas de extração de água foram bem menores para a linha comparativamente à entrelinha. Isso aparentemente não era de se esperar se iniciássemos as estimativas com mesmos valores (tempo zero) de conteúdo de água do solo tanto na linha quanto na entrelinha. Neste caso, o esgotamento seria

Quadro 10. Equações de regressão relacionando conteúdo de água no solo (mm), nas diferentes profundidades (cm) e coberturas, em função do tempo (T) após a última chuva (dias), ocorrida no dia 12/05/95 ($0 \leq T \leq 19$)

Cobertura	Profundidade	Equações	R ²
		Entrelinha	
Desmatamento	15-45	$\hat{W} = 39,30 - 0,380^* T$	0,78
	45-75	$\hat{W} = 38,22 - 0,336^{**} T$	0,87
	75-105	$\hat{W} = 34,83 - 0,182^{**} T$	0,96
	105-135	$\hat{W} = 35,18 - 0,072^* T$	0,90
	135-165	$\hat{W} = \bar{W} = 35,56$	
	165-195	$\hat{W} = \bar{W} = 36,10$	
Brotação	15-45	$\hat{W} = 42,35 - 0,483^{**} T$	0,95
	45-75	$\hat{W} = 39,00 - 0,256^{**} T$	0,99
	75-105	$\hat{W} = 39,05 - 0,160^{**} T$	0,86
	105-135	$\hat{W} = 39,05 - 0,124^* T$	0,84
	135-165	$\hat{W} = 39,38 - 0,111^{**} T$	0,88
	165-195	$\hat{W} = 38,38 - 0,083^{**} T$	0,92
Floresta	15-45	$\hat{W} = 32,63 - 0,724^* T$	0,78
	45-75	$\hat{W} = 37,38 - 0,705^* T$	0,92
	75-105	$\hat{W} = 36,69 - 0,524^{**} T$	0,96
	105-135	$\hat{W} = 33,88 - 0,357^{**} T$	0,97
	135-165	$\hat{W} = 34,43 - 0,231^{**} T$	0,98
	165-195	$\hat{W} = 36,07 - 0,247^{**} T$	0,97
		Linha	
Desmatamento	15-45	$\hat{W} = 22,92 - 0,072^{**} T$	0,95
	45-75	$\hat{W} = \bar{W} = 28,11$	
	75-105	$\hat{W} = \bar{W} = 32,30$	
	105-135	$\hat{W} = \bar{W} = 33,58$	
	135-165	$\hat{W} = \bar{W} = 34,80$	
	165-195	$\hat{W} = \bar{W} = 35,21$	
Brotação	15-45	$\hat{W} = 25,15 - 0,132^{**} T$	0,97
	45-75	$\hat{W} = 39,15 - 0,042^* T$	0,81
	75-105	$\hat{W} = 28,83 - 0,071^{**} T$	0,98
	105-135	$\hat{W} = 31,85 - 0,101^{**} T$	0,98
	135-165	$\hat{W} = 33,10 - 0,089^{**} T$	0,97
	165-195	$\hat{W} = 34,56 - 0,115^{**} T$	0,99
Floresta	15-45	$\hat{W} = 18,36 - 0,062^{**} T$	0,75
	45-75	$\hat{W} = 23,67 - 0,029^{**} T$	0,98
	75-105	$\hat{W} = 24,70 - 0,058^{**} T$	0,99
	105-135	$\hat{W} = 27,32 - 0,103^{**} T$	0,98
	135-165	$\hat{W} = 28,34 - 0,113^{**} T$	0,97
	165-195	$\hat{W} = \bar{W} = 21,01$	

* e ** - significativos a 5 % e 1 %, respectivamente.

maior na região próxima às árvores, pois era onde as raízes estavam mais concentradas.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram coletadas amostras de água do solo em uma plantação de eucalipto em uma área de várzea e de várzea, bem como em uma área de várzea e de várzea. Os resultados foram analisados e os dados foram apresentados em uma tabela.

Os resultados foram analisados e os dados foram apresentados em uma tabela. Os resultados foram analisados e os dados foram apresentados em uma tabela. Os resultados foram analisados e os dados foram apresentados em uma tabela.

Os resultados foram analisados e os dados foram apresentados em uma tabela. Os resultados foram analisados e os dados foram apresentados em uma tabela. Os resultados foram analisados e os dados foram apresentados em uma tabela.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivos avaliar as variações espaciais e temporais da água do solo em uma plantação de eucalipto, comparativamente a áreas de rebrota e desmatada, bem como verificar possível efeito de bordadura (plantas das extremidades dos talhões) no regime hídrico do solo.

O estudo foi conduzido na fazenda Patagônia, na região de João Pinheiro, noroeste de Minas Gerais, de propriedade da empresa V & M Florestal. Utilizou-se um povoamento comercial de *Eucalyptus urophylla* em regime de alto fuste, com sete anos de idade, no espaçamento de 3 x 2 m. Foi adotado um esquema de corte no talhão deixando-se uma área para rebrota (Brotação); em outra, foi promovida a morte das cepas (Desmatamento) e uma terceira foi deixada com as árvores existentes (Floresta).

Tubos de alumínio de 2,0 m de comprimento para acesso de uma sonda de nêutrons, para determinação da umidade do solo, foram instalados, em duplicata, nas entrelinhas ($\approx 1,8$ m da cepa), formando uma seqüência partindo da área desmatada para a floresta (des/flo); outra da área desmatada para a brotação (des/bro) e uma terceira da brotação para a floresta (bro/flo). Tubos adicionais a essas seqüências foram instalados nos três ambientes, distantes das novas

bordaduras criadas, tanto na entrelinha ($\approx 1,8$ m da cepa) quanto na linha ($\approx 0,4$ m da cepa).

As leituras com a sonda de nêutrons foram feitas nas seguintes profundidades: 30, 60, 90, 120, 150 e 180 cm e foram feitas nas seguintes datas: 16/09, 18/10 e 22/11 de 1994 e, também, nas datas: 24/01, 28/03 e 27/04 de 1995. Adicionalmente a essas leituras, ao final do período chuvoso (após a última chuva), foram feitas leituras periódicas nas seguintes datas: 12/05, 17/05, 19/05, 22/05, 29/05 e 31/05/1995. Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas descritivas e a análise de regressão.

As variações temporais da água do solo para as seqüências des/flo, bro/flo e des/bro seguiram a mesma tendência da precipitação pluviométrica observada no período analisado. Na seqüência des/bro, praticamente não houve efeito de bordadura em nenhuma das profundidades analisadas, isto é, não houve maior extração de água do solo pelas plantas da bordadura. Na seqüência des/flo, foi observado um efeito nítido de bordadura. Provavelmente, isso ocorreu porque as plantas da extremidade da floresta têm maior taxa de crescimento e maior área foliar que as demais bem como por ser uma parte da floresta mais sujeita à ação de ventos, provocando maior transpiração. Comportamento semelhante do regime hídrico do solo para a seqüência des/flo foi observado para a seqüência bro/flo.

A extração de água do solo foi muito maior nos pontos localizados na linha (a 0,4 m da cepa) que na entrelinha ($\approx 1,8$ m da cepa). Para os pontos localizados na entrelinha, não se verificou tendência clara de diferenciação quanto à variação do conteúdo de água entre os três ambientes estudados nas diferentes épocas do ano. Entretanto, para os localizados na linha, principalmente nas amostragens feitas de janeiro a abril, existiu tendência de maior extração da água do solo pela floresta em relação à brotação e à área desmatada.

Ao final do período chuvoso, a extração de água variou diferentemente para os três ambientes estudados. Os maiores valores foram observados para a floresta, principalmente tomando-se como referencial as medições feitas nas entrelinhas, mostrando que a floresta foi o ambiente que extraiu mais água do

solo, durante o período avaliado (entre 12 e 31/05/1995). De maneira geral, os maiores valores de extração de água do solo foram observados para as menores profundidades e para o primeiro período avaliado (12-17/05), independentes do ambiente.

Após a última chuva, o conteúdo de água do solo decresceu linearmente com o tempo, para a maioria das profundidades, durante o período avaliado. As maiores taxas de extração de água ocorreram na camada de 15-45 cm, para todos os ambientes, tanto na linha quanto na entrelinha. De maneira geral, para todos os ambientes, as maiores taxas de extração de água do solo ocorreram quando os valores iniciais de conteúdo de água (tempo zero) eram maiores, mostrando que, quando a disponibilidade de água é mais elevada, a perda de água do solo é mais intensificada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.P & RIEKERK, H. The water balance of *Eucalyptus globulus* and *Quercus suber* forest stands in south Portugal. *For. Ecol. Manag.*, 38: 55-64, 1990.
- ALVES, A.M., PEREIRA, J.S., BORGES, J.C., BORGES, G.C., CARVALHO, P.O., DAVID, J.S., GONÇALVES, J.H., MADEIRA, M., ONOFRE, N. & VALENTE, F. Impactes ambientais e socio-económicos do eucaliptal em Portugal. Universidade Técnica de Lisboa, Inst. Superior de Agronomia, Lisboa, 1990.
- AMOOZEGAR, A., MARTIN, K.C. & HOOVER, M.T. Effect of access hole properties on soil water content determination by neutron thermalization. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53: 330-335, 1989.
- ASSIS, R.L., FERREIRA, M.M., MORAIS, E.J., CARNEIRO, C.J.G. & DIAS JUNIOR, M.S. Comportamento da umidade e do armazenamento de água no solo em plantio de *Eucalyptus urophylla* sob diferentes espaçamentos em comparação com a vegetação de cerrado na região de Bocaiúva (MG). *Ci. Agrotec.*, 22: 79-86, 1998.
- BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio do eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. eds. *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, Folha de Viçosa, 1990. p. 127-186.
- BRUIJNZEEL, L.A. Hydrology of forest plantations in the tropics. In: NAMBIAR, E.K.S. & BROWN, A.G. eds. *Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests*. Canberra, ACIAR, 1997. p. 125-167.

- CALDER, I.R. Water use of eucalypts - a review with special reference to south India. *Agric. Water Manag.*, 11: 333-342, 1986.
- CALDER, I.R. Water use of eucalypts-a review. In: CALDER, I.R., HALL, R.L. & ADLARD, P.G. eds. *Growth and water use of forest plantations*. New York, John Wiley, 1992. p.167-179.
- CARNEIRO, C. & DE JONG, E. In situ determination of the slope of the calibration curve of a neutron probe using a volumetric technique. *Soil Sci.*, 139: 250-255, 1985.
- DAVID, J.S., HENRIQUES, M.O., DAVID, T.S., TOMÉ, J. & LEDGER, D.C. Clearcutting effects on streamflow in coppiced *Eucalyptus globulus* stands in Portugal. *J. Hydrol.*, 162: 143-154, 1994.
- ELDER, A.N. & RASMUSSEN, T.C. Neutron probe calibration in unsaturated tuff. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 1301-1307, 1994.
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, PRODEPEF/PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, 1975. 65p. (Série Técnica, 3)
- GOMES, R.T. Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 85p. (Tese M.S.)
- GONÇALVES, M.R. Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa de cinco espécies de *Eucalyptus* spp. sob dois regimes hídricos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1992. 66p. (Tese M.S.)
- GOUDRIAAN, J. Using the expolinear growth equation to analyze resource capture. In: MONTEITH, J.L., SCOTT, R.K. & UNSWORTH, R.K. eds. *Resources capture by crops*. Nottingham, University Press, 1994. p.99-110.
- HAUSER, V.L. Neutron meter calibration and error control. *Trans. ASAE*, 27: 722-728, 1984.
- HERBERT, M.A. The influence of site factors on the foliar nutrient content of *Eucalyptus grandis* in Natal. *South Afr. For. J.*, 156: 28-34, 1991.
- KRAMER, P.J. *Water relations of plants*. New York, Academic Press, 1983. 489p.
- LANDSBERG, J.J. Experimental approaches to the study of the effects of nutrients and water on carbon assimilation by trees. *Tree Physiol.*, 2: 427-444, 1986.

- LEITE, F.P. Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 90p. (Tese M.S.)
- LEITE, F.P., BARROS, N.F., SANS, L.M.A. & FABRES, A.S. Regime hídrico do solo sob povoamento de eucalipto, floresta nativa e pastagem, na região de Guanhões-MG. Rev. Árv., 21: 455-462, 1997.
- LE MAITRE, D.C. & VERSFELD, D.B. Forest evaporation between stand growth and evaporation. J. Hydrol., 193: 240-257, 1997.
- LIMA, P.C. Acúmulo e distribuição de matéria seca, carboidratos e macronutrientes em mudas de *Eucalyptus* spp em solos com diferentes potenciais hídricos. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996a. 106p. (Tese D.S.)
- LIMA, W.P. Impacto ambiental do eucalipto. eds, 2.ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1996b. 301p.
- MACKERRON, D.K.L & JEFFERIES, R.A. Access tube location within a simulated potato crop and measurement of soil moisture with a neutron probe. Plant Soil, 102: 253-255, 1987.
- MARTINS, L.G.C., NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., SCATOLINI, F.M. & TEIXEIRA, J.L. Variação da biomassa radicular de eucalipto após o corte das árvores. Rev. Árv., 21: 175-186, 1997.
- NAMBIAR, E.K.S. Management of forests under nutrient and water stress. Water, Air and Soil Pollut., 54: 209-230, 1991.
- NAMBIAR, E.K.S & ZED, P.G. Influence of weeds on the water potential, nutrient content and growth of young radiata pine. Aust. J. For. Res., 10: 279-288, 1980.
- PAYN, T.W., DE RONDE, C. & GREY, D.C. Phosphate fertilization of mature *Pinus radiata* stands. South Afr. For. J., 147:16-25, 1988.
- REIS, M.G.F., KIMMINS, J.P., REZENDE, G.C. & BARROS, N.F. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. Rev. Árv., 9: 149-162, 1985.
- REIS, G.G. & REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. Série Técnica IPEF, 11: 9-22, 1997.

- ROBERTS, J.M., ROSIER, P.T.W. & SRINIVASA MURTHY, K.V. Physiological studies in young eucalypts stands in Sourthern India and their use in estimating forest transpiration. In: CALDER, I.R., HALL, R.L. & ADLARD, P.G. eds. Growth and water use of forest plantations. Chichester, John Wiley & Sons, 1992. p.226-243.
- SAHIN, V. & HALL, M.J. The effects of afforestation on water yields. J. Hydrol., 178: 293-309, 1996.
- SALAMA, P., BARTLE, G.A. & FARRINGTON, P. Water use of plantation *Eucalyptus camaldulensis* estimated by groundwater hydrographic separation techniques and heat pulse method. J. Hydrol., 156: 163-180, 1994.
- SAMRAJ, P., SHARDA, V.N., CHINNAMANI, S., LAKSHMANAN, V. & HALDORAI, B. Hydrological behavior of the Nilgiri sub-watersheds as affected by bluegum plantation. Part I-The annual water balance. J. Hydrol., 103: 335-345, 1988.
- SANDS, R. & MULLIGAN, D.R. Water and nutrient dynamic and tree growth. For. Ecol. Manag., 30: 91-111, 1990.
- SCHAFFER, G.N. & GROENEWALD, W.H. Fertilization of *Pinus radiata* on some marginal sites in the southern Cape. South Afr. For. J., 154: 36-40, 1990.
- SCHÖNAU, A.P.G. Basic silviculture for the successful establishment of eucalypt plantations, with special reference to *Eucalyptus grandis*. South Afr. For. J., 135: 4-9, 1985.
- TEIXEIRA, P.C. Dinâmica de crescimento radicular e suprimento de nutrientes pelas raízes e pelo solo em brotações de *Eucalyptus urophylla*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 37p. 1996. (Tese M.S.)
- TEIXEIRA, P.C., LEAL, P.G.L., BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Nutrición potásica y relaciones hídricas en plantas de *Eucalyptus* spp. Bosque, 16: 61-68, 1995.
- WEAVER, B.A., MORGAN, J.A. & WHITT, D.E. Design and evaluation of a neutron access tube extractor. Agron. J., 83: 1070-1073, 1991.