

AVALIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM *Pinus elliottii* E *Eucalyptus urophylla* COM LISÍMETROS DE DRENAGEM PLANOS NA SERRA DO MAR, CUNHA-SP¹

EVALUATION OF EVAPOTRANSPIRATION IN *Pinus elliottii* AND *Eucalyptus urophylla* WITH FLAT DRAINAGE LYSIMETERS IN THE SERRA DO MAR, CUNHA-SP

Maurício RANZINI^{2,3}; Francisco Carlos Soriano ARCOVA²; Valdir de CICCIO²; Roberto STARZYNSKI²

RESUMO – A evapotranspiração de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. e de *Eucalyptus urophylla* S.T. Black foi estudada em lisímetros de drenagem planos desde o plantio até a idade de 9 anos e 11 meses, durante sucessivas fases de desenvolvimento. O experimento foi conduzido no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, localizado no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, no estado de São Paulo. A evapotranspiração foi calculada pelo método do balanço hídrico de massa para períodos de curta duração. Até cerca de 3,2 anos de idade, a evapotranspiração diária do eucalipto foi superior à do pinus. Por volta dos 4 anos de idade, houve uma inversão do consumo de água, quando o pinus atingiu 5,5 mm/dia contra 4,4 mm/dia do eucalipto. Com cerca de 10 anos de idade, os valores de evapotranspiração diária do eucalipto e do pinus foram de 3,3 mm e 5,9 mm, respectivamente. Nos estágios iniciais a evapotranspiração do eucalipto foi superior à do pinus, em função de seu rápido crescimento.

Palavras-chave: balanço hídrico; hidrologia florestal; espécies florestais exóticas.

ABSTRACT – The evapotranspiration of *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. and *Eucalyptus urophylla* S.T. Black was studied in flat drainage lysimeters from planting to the age of 9 years and 11 months, during successive stages of development. The experiment was conducted at the Walter Emmerich Forest Hydrological Laboratory, located in the Cunha Nucleus of Serra do Mar State Park (São Paulo, Brazil). Evapotranspiration was calculated by the mass water balance method for short periods. Until about 3.2 years of age, the daily evapotranspiration of eucalypt was superior to that of the pine. At around 4 years of age, there was a reversal of water consumption, when the pine reached 5.5 mm/day versus 4.4 mm/day of the eucalypt. About 10 years of age, the daily evapotranspiration values of eucalypt and pine were 3.3 mm and 5.9 mm, respectively. In the early stages of evapotranspiration of eucalypt was superior to that of pine, due to its rapid growth.

Keywords: water balance; forest hydrology; non-native forestry species.

¹ Recebido para análise em 28.05.2018. Aceito para publicação em 23.06.2019.

² Instituto Florestal, Rua do Horto 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

³ Autor para correspondência: Maurício Ranzini - ranzini@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A região montanhosa do vale do rio Paraíba do Sul, onde se encontram as suas nascentes, vem sofrendo ao longo do tempo um processo de degradação ambiental. Primeiro pela substituição da vegetação nativa pelas plantações de café e, posteriormente, pela pecuária extensiva de leite, com baixa produtividade, até os dias atuais. Como resultado há sérios problemas de conservação de solo e água, comprometendo os recursos hídricos que abastecem inúmeras cidades dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Marmontel et al., 2013). Mais recentemente, tem-se a presença de reflorestamento homogêneos, principalmente, com eucalipto e, em decorrência, toda a controvérsia dessa cultura (Carriello e Vicens, 2011; Freitas Junior et al., 2012).

A importância dos reflorestamentos com pinus e eucalipto no Brasil deve-se ao significativo abastecimento que eles propiciam ao mercado de produtos florestais, com a consequente redução da pressão de exploração das florestas nativas. Na introdução dessas culturas no país os problemas referentes à escolha de espécies, formas de plantio, tratos culturais, corte e beneficiamento foram satisfatoriamente resolvidos após exaustivos estudos (Moratori, 2008). O tema alusivo às implicações hidrológicas nas áreas de plantio recebeu mais atenção somente nas últimas décadas e ainda existem questionamentos sobre a influência dos reflorestamentos nos recursos hídricos (Lima, 1993; Lima, 2010; Lima e Zakia, 2006).

O emprego de lisímetros é importante para a determinação dos componentes do balanço hídrico (Loos et al., 2007). O primeiro estudo com lisímetro de que se tem notícia foi realizado em Paris em 1688 por De la Hire, cientista da corte francesa que estava interessado em determinar a origem das nascentes. Desde então ocorreram centenas de estudos em vários países, com diferentes tipos de lisímetros, principalmente para avaliar a evapotranspiração. Um dos maiores experimentos foi na Floresta Experimental San Dimas, EUA, onde vinte e seis lisímetros foram instalados para comparar diversas espécies nativas do sudeste da Califórnia (Patric, 1961). No Brasil, o primeiro estudo com lisímetros de drenagem foi realizado no Instituto Agrônomo de Campinas — IAC na década de 1950, para a

determinação da evapotranspiração potencial em base mensal em três localidades no estado de São Paulo (Camargo, 1962). Embora seja comum o uso de lisímetros no estudo de culturas agrícolas, é raro em áreas florestais, em razão da dificuldade de transplantar árvores adultas neles e, no caso de se utilizar árvores jovens, o longo tempo que levará até a fase adulta (Feltrin et al., 2017).

Este trabalho faz parte de um estudo maior, iniciado no final de 1970, no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich — LHFWE, pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo. Nesse Laboratório são desenvolvidas pesquisas que visam o entendimento dos processos hidrológicos nas microbacias das cabeceiras do rio Paraíba do Sul. É composto de três microbacias com Mata Atlântica, três lisímetros, três parcelas experimentais para a determinação do escoamento superficial e produção de sedimentos e uma estação meteorológica (Arcova e Cicco, 2005).

No escopo inicial do projeto previa-se o emprego do método hidrométrico para se estudar o efeito da mudança do uso da terra em duas microbacias. Durante um período não inferior a cinco anos, as microbacias recobertas com Mata Atlântica seriam monitoradas quanto à precipitação e ao deflúvio, a fim de se obter equações de calibração de uma das microbacias em função das outras. Ao término desse período, denominado de calibração, uma das microbacias permaneceria inalterada, como testemunha, e as outras receberiam tratamento experimental, o corte raso da floresta e, na sequência, o plantio de eucalipto e pinus (Emmerich e Nakano, 1978; Emmerich et al., 1983). Com as equações de calibração e a continuidade das medições hidrológicas ao longo do ciclo de desenvolvimento dos reflorestamentos seria possível avaliar as alterações ocorridas sobre a hidrologia das microbacias. Todavia, com a criação do Parque Estadual da Serra do Mar (Decreto Estadual N°10.251 de 30/08/1977), o LHFWE passou a fazer parte de uma unidade de conservação de proteção integral, inviabilizando o emprego dessa metodologia. Dessa forma, os lisímetros foram utilizados nesse trabalho com o objetivo de contribuir para o entendimento, nessa região, do comportamento hidrológico do pinus e do eucalipto, no que se refere à evapotranspiração, durante sucessivas fases de desenvolvimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área Experimental

O experimento foi realizado no LHFWE, localizado no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, no estado de São Paulo, com os lisímetros nas coordenadas geográficas de 23°14' de latitude sul e 45°01' de longitude oeste de Greenwich, em uma altitude de 1.070 metros. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwb, ou seja, clima temperado com regime de chuvas no verão, inverno seco, temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C (Luiz, 2008). A temperatura média anual é

de 17,0 °C, a umidade relativa do ar média anual é de 85,5% e a precipitação pluviométrica média anual é de 1.982 mm, obtidas a partir de uma série histórica de 34 anos da estação meteorológica do Laboratório. O solo é classificado como Latossolo Amarelo ou Vermelho-Amarelo câmbico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013). É quimicamente pobre, ácido, com textura grosseira, elevada porosidade e boa permeabilidade.

Foram empregados dois lisímetros de drenagem planos, cada um com área superficial de 100 m² (10 x 10 m) e profundidade de 2 m. Suas paredes e piso são de concreto, este último com leve inclinação, direcionando toda água percolada para uma única saída, através de um tubo de PVC de 10 cm de diâmetro (Figura 1).

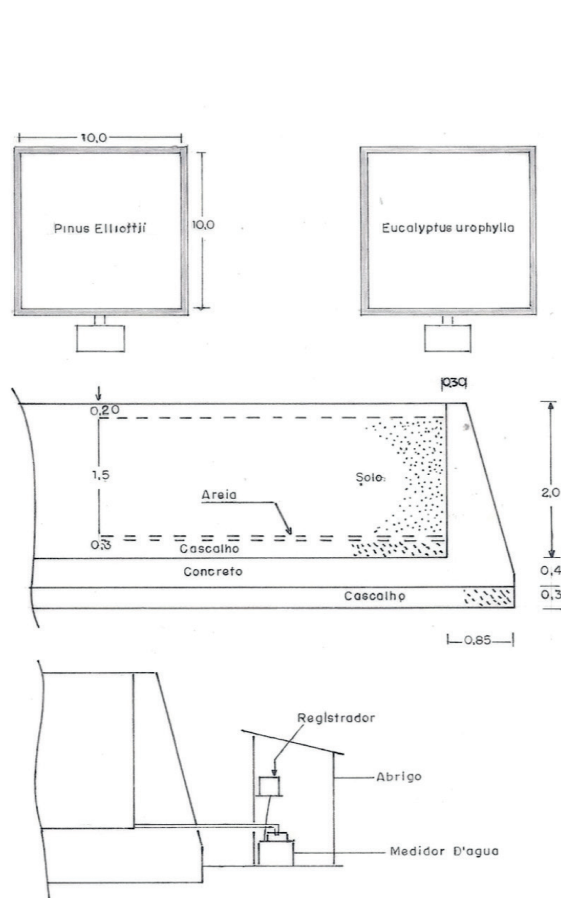


Figura 1. À esquerda: esquema com vista de cima dos lisímetros e corte transversal de um deles. Sem escala e valores em metro. À direita: fotos dos lisímetros com pinus (acima) e eucalipto (abaixo).

Figure 1. Left: schematic with top view of lysimeters and cross-section of one of them. No scale and values in meter. On the right: photos of lysimeters with pinus (above) and eucalyptus (below)

Após a construção, os lisímetros foram preenchidos com três camadas distintas de substrato: na base 20 cm de cascalho, sobre esta 10 cm de areia grossa e acima desta 150 cm de solo retirado do próprio local, restando um espaço de 20 cm entre a superfície e o topo dos lisímetros.

Por se tratar de lisímetros planos, com todo solo encaixado 20 cm abaixo do topo das paredes, não houve escoamento superficial e toda água precipitada foi forçada a se infiltrar no solo. A água percolada até a base de cada lisímetro foi conduzida até medidores de fluxo tipo básculas (1 litro/báscula de capacidade) (Nakaasa Modelo J-271-02). A cada movimento das básculas um sinal eletrônico era enviado a um registrador multicanal munido de carta de duração mensal (Nakaasa Modelo B-361), assinalando a tinta o volume de água drenado de cada lisímetro. A precipitação no local foi medida através de um pluviômetro de báscula com sensibilidade de registro de 0,5 mm de altura pluviométrica (Nakaasa Modelo B-400).

2.2 Condução do Experimento

O estudo foi conduzido em cinco fases distintas. A fase 1 foi iniciada em 10/06/1983 e finalizada em 30/06/1984, teve como propósito verificar se existiam diferenças hidrológicas entre os lisímetros antes do plantio das mudas, isto é, apenas com o solo. Para isso foram selecionados

três períodos com 33, 31 e 37 dias cada. A fase 2 transcorreu do plantio das mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. (pínus) e de *Eucalyptus urophylla* S.T. Black (eucalipto), realizado em 20/01/85, até o primeiro desbaste. As mudas foram plantadas em espaçamento de 0,5 x 0,5 m e, dessa forma, cada lisímetro recebeu 361 plantas; além de estabelecidas três linhas de bordadura no perímetro das áreas experimentais. A fase 3 começou após o primeiro desbaste (27/05/86), realizado de forma sistemática com a eliminação alternada de linhas de árvores, e estendeu-se até o segundo desbaste (28/03/88). Nesse período os lisímetros permaneceram com 100 árvores de pínus e 93 de eucalipto. A fase 4 iniciou com o segundo desbaste, no qual foram eliminadas as árvores dominadas, mal formadas, tortas, bifurcadas e doentes, permanecendo 50 indivíduos em cada lisímetro. A fase 5 foi do terceiro desbaste (18/12/90), também seletivo, após o qual permaneceram 24 árvores de pínus e 22 árvores de eucalipto, até o final do experimento (31/12/94), quando os plantios tinham 9 anos e 11 meses.

Os lisímetros estiveram expostos às condições atmosféricas reinantes no local e não receberam irrigação em nenhuma fase do experimento.

A Tabela 1 apresenta dados de levantamentos dendrométricos realizados nos plantios de pínus e eucalipto.

Tabela 1. Dados dendrométricos nos lisímetros com pínus e eucalipto. Os dados de diâmetro a altura do peito (DAP), altura e área basal são valores médios.

Table 1. Dendrometric data in lysimeters with pine and eucalyptus. Data on breast height (DBH), height and basal area are mean values.

Data	Idade (meses)	Eucalipto				Pinus			
		DAP (cm)	Altura (m)	Núm. árv.	Área Basal (m ²)	DAP (cm)	Altura (m)	Núm. árv.	Área Basal (m ²)
27/05/86	16	1,30	1,68	100	0,013	2,20	4,89	93	0,035
10/09/86	20	1,90	1,78	100	0,028	2,80	4,97	93	0,057
09/04/87	27	4,50	3,24	100	0,159	3,40	5,96	93	0,084
19/01/88	36	6,60	4,50	100	0,342	4,60	6,48	93	0,155
28/03/88	38	7,60	5,01	50	0,227	6,60	8,61	50	0,171
22/11/88	46	8,90	5,63	50	0,311	6,80	8,89	50	0,182
21/03/90	50	12,00	7,42	50	0,565	8,20	10,74	50	0,264
18/12/90	59	12,50	8,46	50	0,614	8,50	11,01	50	0,284
20/05/92	76	15,78	9,54	24	0,469	11,90	13,27	22	0,245

A evapotranspiração em cada lisímetro foi calculada pelo método do balanço hídrico de massa, considerando-se a entrada, a saída e a variação de armazenamento de água no solo, expresso conforme a equação 1:

$$ET = P - Q \pm \Delta S \quad (1)$$

onde: ET é evapotranspiração, P é precipitação pluviométrica, Q é drenagem e ΔS é variação no armazenamento de água no solo, em milímetros de altura de água (mm).

A equação do balanço hídrico tem sido normalmente usada para o cálculo da evapotranspiração anual. Pode ser utilizada, também, para períodos de curta duração, desde que o teor de água do solo seja o mesmo no início e no fim do período considerado (Linsley et al, 1988). Uma vez que a drenagem foi continuamente medida, inferiu-se que valores iguais indicam estoques iguais. Dessa forma, a equação do balanço hídrico pode ser simplificada e a evapotranspiração calculada, considerando-se apenas a precipitação e a drenagem.

3 RESULTADOS

Na fase 1 (calibragem) foram selecionados três períodos, que juntos totalizaram 442,5 mm de precipitação, proporcionando drenagens de 309,1 mm e 291,9 mm para o pínus e o eucalipto, respectivamente. A razão entre os volumes drenados do dois lisímetros foi próxima a 1, indicando que a condição hidrológica nos lisímetros foi semelhante, condição adequada para a realização dos plantios.

Os períodos para quais foram realizados os balanços hídricos das fases 2 a 5, com os respectivos números de dias e os valores de precipitação, drenagem e evapotranspiração nos dois lisímetros são apresentados na Tabela 2.

Na fase 2 (plantio ao 1º desbaste) foi nitidamente menor o volume de água percolada no lisímetro com eucalipto (cerca de 50% menos) com relação a outra espécie, indicando um maior consumo de água. No período de menor precipitação (131,5 mm de 03/09/85 a 14/10/85) não houve drenagem no lisímetro com eucalipto, contra 65,8 mm do pínus; resultando numa evapotranspiração média diária de 5,7 mm e 3,6 mm, respectivamente.

A fase 3, do primeiro ao segundo desbaste, se caracterizou por uma aproximação de comportamento hidrológico entre as espécies florestais. A Tabela 2 quantifica os valores dessa fase mostrando, inclusive, que no período de 01/03/88 a 24/03/88 pela primeira vez se observou drenagem menor no lisímetro com pínus do que no de eucalipto. No entanto, a evapotranspiração média diária para essa fase ainda foi superior para o eucalipto (6,5 mm) contra 6,0 mm para o pinheiro.

Na fase 4, do segundo ao terceiro desbaste, se evidenciou uma inversão de comportamento das espécies, com o pínus evapotranspirando mais e, conseqüentemente, liberando menor quantidade de água (Tabela 2). A análise dos dados das precipitações pluviométricas e drenagens dos lisímetros mostrou que as chuvas concentradas provocaram uma condição semelhante entre os lisímetros. Para os eventos mais distribuídos, ocorreu o oposto, com a menor liberação de água pelo lisímetro de pínus.

Na fase 5, do terceiro desbaste ao final do experimento, se verificou que o pínus permaneceu como a espécie que menos água liberou (46% do volume escoado pelo lisímetro com eucalipto). No início dessa fase, tem-se que, à semelhança das fases anteriores, após a saturação do solo por fortes chuvas, foi o eucalipto que ainda apresentou uma redução mais rápida do volume drenado. A partir de 05/05/91 até o final dessa fase esta tendência foi observada no pínus.

Tabela 2. Fase do experimento, período, número de dias, precipitação (P), drenagem (Q) e evapotranspiração (ET) (período e diária) dos lisímetros com pinus e eucalipto; referentes às fases 2 a 5.

Table 2. Phase of period, period, number of days, rainfall (P), drainage (Q) and evapotranspiration (ET) (period and daily) of lysimeters with pine and eucalyptus; Phases 2 to 5.

Fase	Período	Dias	P (mm)	Q (mm)		ET período (mm)		ET diária (mm)	
				Pinus	Eucal.	Pinus	Eucal.	Pinus	Eucal.
2	14/04/85 - 29/05/85	46	293,0	207,0	129,8	86,0	163,2	1,9	3,5
	03/09/85 - 14/10/85	42	131,5	65,8	0,0	65,7	131,5	1,6	3,1
	15/10/85 - 09/12/85	56	400,0	159,4	5,9	240,6	394,1	4,3	7,0
	01/02/86 - 15/03/86	43	612,5	371,1	239,4	241,4	373,1	5,6	8,7
	02/04/86 - 05/05/86	34	227,0	62,8	22,4	164,2	204,6	4,8	6,0
	Total	221	1664,0	866,0	397,6	798,0	1266,5	3,6	5,7
	Média		332,8	173,2	79,5	159,6	253,3	3,6	5,7
3	19/08/86 - 31/08/86	13	66,0	19,2	5,9	46,8	60,1	3,6	4,6
	01/12/86 - 20/12/86	20	281,0	153,9	139,6	127,1	141,4	6,4	7,1
	01/03/88 - 24/03/88	24	234,5	44,0	50,1	190,5	184,5	7,9	7,7
	Total	57	581,5	217,0	195,5	364,5	386,0	6,4	6,8
	Média		193,8	72,3	65,2	121,5	128,7	6,0	6,5
4	27/04/88 - 13/06/88	48	262,5	83,4	78,7	179,1	183,8	3,7	3,8
	18/10/88 - 30/11/88	44	327,0	83,5	132,8	243,5	194,2	5,5	4,4
	19/12/88 - 21/01/89	34	506,0	171,9	227,6	334,1	278,4	9,8	8,2
	08/02/89 - 21/02/89	14	203,5	77,1	105,5	126,4	98,0	9,0	7,0
	05/03/89 - 25/03/89	21	271,5	113,7	136,9	157,8	134,6	7,5	6,4
	23/09/90 - 13/11/90	52	409,5	94,0	159,8	315,5	249,7	6,1	4,8
	Total	213	1980,0	623,5	841,4	1356,5	1138,6	6,4	5,3
	Média		330,0	103,9	140,2	226,1	189,8	7,0	5,8
5	10/01/91 - 27/02/91	49	419,5	144,9	192,2	274,6	227,3	5,6	4,6
	18/03/91 - 13/04/91	27	403,0	323,1	328,3	79,9	74,7	3,0	2,8
	05/05/91 - 19/05/91	15	89,0	18,6	48,4	70,4	40,6	4,7	2,7
	25/09/92 - 15/11/92	52	361,0	81,0	264,0	280,0	97,0	5,4	1,9
	16/11/92 - 25/12/92	40	458,7	236,0	418,5	222,7	40,2	5,6	1,0
	23/01/93 - 13/03/93	34	405,0	31,7	174,2	373,3	230,8	11,0	6,8
	14/03/93 - 14/04/93	50	209,5	3,1	47,1	206,4	162,4	4,1	3,2
	29/09/93 - 06/11/93	39	185,7	11,3	94,0	174,5	91,7	4,5	2,4
	23/12/93 - 04/02/94	44	320,0	14,5	190,6	305,5	129,4	6,9	2,9
	10/03/94 - 03/05/94	55	489,0	201,7	262,5	287,3	226,5	5,2	4,1
	17/11/94 - 31/12/94	45	526,5	114,9	355,2	411,7	171,3	9,1	3,8
	Total	450	3866,9	1180,8	2375,0	2686,1	1491,9	6,0	3,3
	Média		351,5	107,3	215,9	244,2	135,6	5,9	3,3

A Figura 2 mostra a marcha da evapotranspiração das duas espécies ao longo do período experimental. Inicialmente, a evapotranspiração do eucalipto foi superior, atingindo o valor máximo entre 9 e 14 meses, coincidindo com o maior crescimento das árvores em diâmetro e altura quando comparado ao pínus (Tabela 1). Com cerca de 1 ano e 8 meses a evapotranspiração do eucalipto decresceu e praticamente se igualou a do pínus, sendo

suplantada por este aos 3 anos e 10 meses (indicado pela seta preta), permanecendo maior até o final do experimento. Nesse período, o pínus passou a ter maior desenvolvimento vegetativo (Tabela 1).

Quando se analisa o período como um todo, se observa a relação da precipitação com a evapotranspiração (Figura 3). Nos períodos menos chuvosos ocorreram as menores taxas de evapotranspiração diária. O oposto foi constatado para as maiores precipitações.

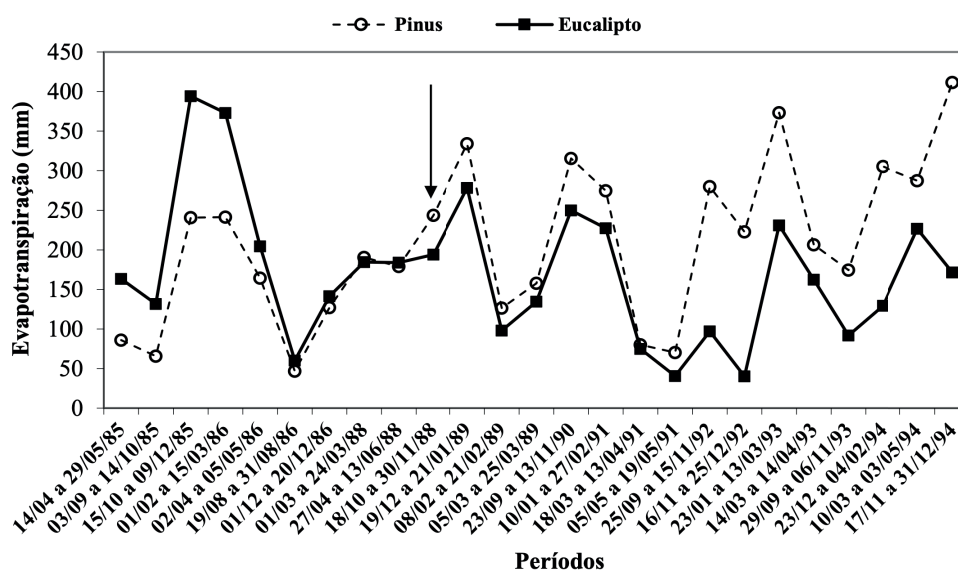


Figura 2. Evapotranspiração ao longo de todos os períodos para os lisímetros com pínus e eucalipto. A seta indica quando a evapotranspiração do pínus supera o do eucalipto.

Figure 2. Evapotranspiration throughout all periods for lysimeters with pine and eucalyptus. The arrow indicates when the evapotranspiration of the pine surpasses the eucalyptus.

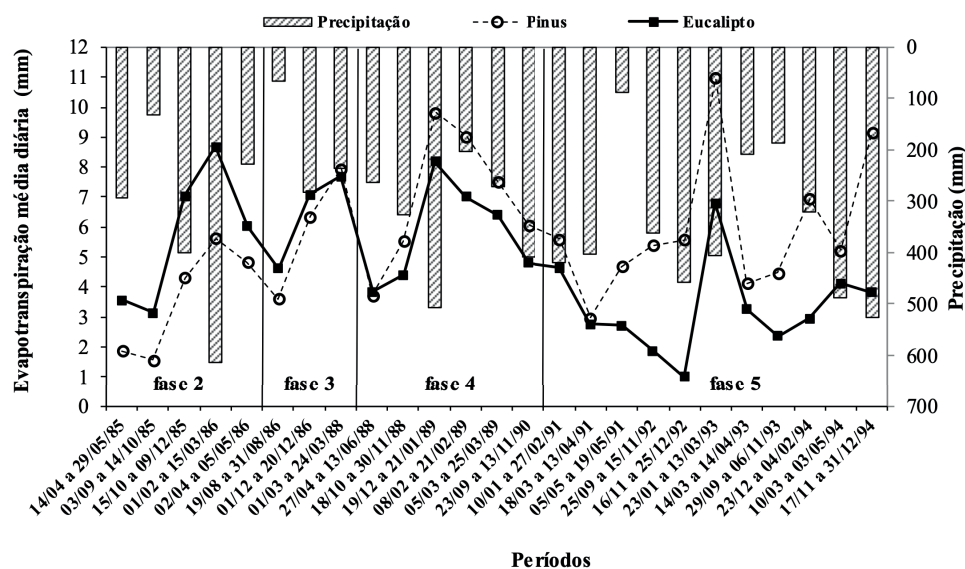


Figura 3. Evapotranspiração média diária ao longo de todos os períodos e fases para os lisímetros com pínus e eucalipto. No eixo secundário tem-se a precipitação para cada período.

4 DISCUSSÃO

Até cerca de 3,2 anos de idade, final da fase 3, a evapotranspiração do eucalipto foi superior à do pinus. Na fase de crescimento, as taxas de transpiração por unidade foliar das espécies folhosas são duas a três vezes maiores do que as das coníferas (Cannell, 1999). No presente estudo, a evapotranspiração média diária para o eucalipto e para o pinus foi de 5,7 mm e 3,6 mm na fase 2, com a diferença diminuindo na fase 3 para 6,5 mm e 6,0 mm, respectivamente.

Por volta dos 4 anos de idade, já na fase 4, houve a inversão da evapotranspiração entre o eucalipto e o pinus, quando essa espécie atingiu 5,5 mm/dia contra 4,4 mm/dia do eucalipto. O fator preponderante dessa situação foi, provavelmente, a maior interceptação das chuvas pelas copas das árvores dos pinus. Em função de apresentar o índice de área foliar superior e não perderem as folhas ao longo do ano, as coníferas têm maior capacidade de armazenamento de água que as folhosas e, sob certas circunstâncias, levando a maior perda evaporativa por interceptação (Cannell, 1999). Em média, as florestas de pinus interceptam o dobro da precipitação do que as de eucalipto (28% contra 14%, respectivamente) (Zhang et al., 1999).

Em uma pesquisa usando o balanço hídrico do solo em plantação de *Eucalyptus urophylla* no sudoeste da China de clima tropical, densidade de 1.675 árvores/ha e precipitação entre 1.300 e 1.800 mm, a evapotranspiração média diária foi cerca de 2,9 mm aos cinco anos de idade (Lane et al. 2004). Similar a evapotranspiração de 3,0 mm/dia, média de seis anos, densidade de 1.111 árvores/ha e precipitação média anual de 1.147 mm, obtida com o modelo UAPE-Use de Água em Plantações de Eucalipto num plantio híbrido de *Eucalyptus grandis* em uma microbacia no município de Aracruz-ES (Almeida et al., 2007). Empregando o método do balanço hídrico do solo em plantações de *Eucalyptus grandis* e de *Pinus Caribaea* var. *hondurensis* de 5 anos de idade no Vale do Jequitinhonha-MG, Lima et al. (1990) encontraram valores de evapotranspiração diária média de

2,5 mm e 2,0 mm, respectivamente, para uma precipitação média anual de 1.121 mm. Todos esses valores são inferiores aos 4,8 mm/dia do eucalipto e 6,1 mm/dia do pinus alcançados no presente estudo. Embora a idade das plantações nas três pesquisas citadas seja equivalente à dos lisímetros do LHFWE (6 anos), a densidade de árvores no atual caso é maior (50 árvores em 100 m²), fato que contribui para as elevadas taxas de evapotranspiração ora registradas.

Estudos em plantações de eucalipto mostram que com o aumento da idade há diminuição da transpiração e da interceptação (Ferraz et al, 2013; Roberts et al., 2001; Vertessy et al., 2001). No final do experimento (fase 5), com cerca de 10 anos de idade, os valores de evapotranspiração média diária para o eucalipto e para o pinus foram de 3,3 mm e 5,9 mm, respectivamente. A evapotranspiração do eucalipto foi similar à obtida por Soares e Almeida (2001), de 3,7 mm/dia, num plantio híbrido com 9 anos de idade de *Eucalyptus grandis* em uma microbacia no município de Aracruz-ES, para um período de 1 ano e precipitação de 1.396 mm.

5 CONCLUSÕES

As análises dos resultados do estudo em lisímetros planos de drenagem no Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich permitiram concluir que do plantio até pouco mais de três anos de idade, a evapotranspiração do *Eucalyptus urophylla* foi superior à do *Pinus elliottii* var. *elliottii* em resposta a seu rápido crescimento. Por volta de quatro anos de idade, a evapotranspiração do pinus suplantou a do eucalipto. No final do experimento, com cerca de 10 anos de idade, os valores de evapotranspiração diária para o eucalipto e para o pinus foram de 3,3 mm e 5,9 mm, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.A. et al. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1-2, p. 10–21, 2007.

- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Manejo de Bacias Hidrográficas. In: HONDA, E.A.; YAMAZOE, G. (Org.). **25 anos de cooperação JICA - Instituto Florestal**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2005. cap. 3, p. 34-46.
- CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 21, n. 12, p. 163-213, 1962.
- CANNELL, M.G.R. Environmental impacts of forest monocultures: water use, acidification, wildlife conservation, and carbon storage. **New Forests**, v. 17, n. 1-3, p.239-262, 1999.
- CARRIELLO, F.; VICENS, R.S. Silvicultura de eucalipto no vale do Paraíba do Sul/SP no período entre 1986 e 2010. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 6403-9.
- EMMERICH, W.; NAKANO, H. Considerações sobre o projeto de manejo de bacias hidrográficas dos rio Uma e Paraíba. In: Congresso Florestal Brasileiro, 3., 1978, Manaus. **Anais...** São Paulo: Silvicultura (Edição Especial), 1978. p. 218-219.
- EMMERICH, W. et al. Manejo de bacias hidrográficas. In: Congresso Florestal Brasileiro, 4., 1983, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: Silvicultura (n. 28), 1983, p. 273-275.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 2013. 353 p.
- FELTRIN, R.M. et al. Use of Lysimeters to Assess Water Balance Components in Grassland and Atlantic Forest in Southern Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228: 247, n. 7, 2017. Não paginado.
- FERRAZ, S.F.B.; LIMA, W.P.; RODRIGUES, C.B. Managing forest plantation landscapes for water conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p.58–66, 2013.
- FREITAS JUNIOR, G. et al. Os eucaliptos no Vale do Paraíba Paulista: aspectos geográficos e históricos. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 4, p. 221-237, 2012.
- LANE, P.N.J. et al. Water balance of tropical eucalypt plantations in south-eastern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, n. 3-4, p. 253–267, 2004.
- LIMA, W.P. **A silvicultura e a água: ciência, dogmas, desafios**. Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica. 2010. 64 p.
- _____. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP. 1993. 301 p.
- _____; ZAKIA, M.J.B. **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: RiMa Editora. 2006. 226 p.
- _____. et al. Comparative evapotranspiration of eucalyptus, pine and natural “cerrado” vegetation measure by the soil water. **Revista IPEF International**, v. 1, p. 5-11, 1990.
- LINSLEY, R.K. et al. **Hydrology for Engineers**. Singapore: McGraw-Hill Book Co. 1988. 492 p.
- LOOS, C. et al. Assessment of water balance simulations for large-scale weighing lysimeters. **Journal of Hydrology**, v. 335, n. 3-4, p.259–270, 2007.
- LUIZ, R.A.F. **Classificação climática do núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha-SP**. 2008. 103 f. Trabalho de Graduação Individual (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.
- MARMONTEL, C.V.F. et al. Caracterização da vegetação secundária do bioma mata atlântica com base em sua posição na paisagem. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 2042-2052, Nov./Dec. 2013.

MORATORI, N. O. **A história do IPEF na silvicultura brasileira**. Piracicaba: IPEF, 2008. 144 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/livroipef40anos/pdfs/ipef40anos.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

PATRIC, J.H. A forester looks at lysimeters. **Journal of Forestry**, v. 59, n. 12, p. 889-893, 1961.

ROBERTS, S. et al. Transpiration from *Eucalyptus sieberi* (L. Johnson) forests of different age. **Forest Ecology and Management**, v. 143, n. 1-3, p. 153-161, 2001.

SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing *Eucalyptus* plantation in Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 253, n. 1-4, p.130–147, 2001.

VERTESSY, R.A. et al. Factors determining relations between stand age and catchment water balance in mountain ash forests. **Forest Ecology and Management**, v. 143, n. 1-3, p. 13-26, 2001.

ZHANG, L. et al. **Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance**. Canberra: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, 1999. 35 p. (Technical Report 99/12).