

PRECIPITAÇÃO EFETIVA E INTERCEPTAÇÃO DAS CHUVAS EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO

NET PRECIPITATION AND INTERCEPTION IN PLANTATION OF EUCALYPT

Valdemir A. Rodrigues*¹
Paula N. Costa²

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido em povoamento de *Eucalyptus grandis*, com 06 anos de idade, município de Lençóis Paulista, SP, com objetivo de avaliar a redistribuição das chuvas no período de 2008, por meio de quantificação das precipitações pluvial total, interna e efetiva; do escoamento pelo tronco; e estimativa da interceptação das chuvas pelas copas. A precipitação anual foi de 1.165,71 mm, a precipitação interna foi de 991,20 mm e o escoamento pelo tronco de 68,26 mm. A interceptação das chuvas pelas copas e a precipitação efetiva resultaram em 106,25 e 1.059,46 mm, respectivamente; correspondendo a 9,11% e 90,89% do total da precipitação. O escoamento pelo tronco foi semelhante aos estudos similares. Exceto no mês de julho onde não houve evento chuvoso, os menores valores percentuais de interceptação pelas copas ocorreram nos meses de maio e junho (6,62% e 7,29%), enquanto no período mais chuvoso, de outubro a março foi em média 12,6%. Conclui-se que existe alta correlação entre a precipitação total e a precipitação efetiva, há menor correlação com o escoamento pelo tronco. Nas estações da primavera e verão há uma maior precipitação (80,49%), porém em dados médios há menores valores em razão de maior frequência de eventos chuvosos.

Palavras-chaves: *Eucalyptus grandis*, Precipitação, Interceptação pelas Copas.

¹Professor Doutor, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu-SP, e-mail: valdemirrodriques@fca.unesp.br

²Engenheira Agrônoma, M.sc. em Ciências Biológicas (Botânica), Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu-SP

ABSTRACT

This study was carried out in plantation of *Eucalyptus grandis*, with 6-year old, located in Lençóis Paulista, São Paulo state with the objective of estimating the redistribution of rainfall from January to December of 2008, through quantification of rain precipitation, effective, throughfall, stemflow and the interception by canopies the eucalypt. The annual average rain precipitation was of 1.165,71 mm, the throughfall of 991,20 mm and stemflow for the 68,26 mm. The interception by canopies and the precipitation effective had resulted in 106,25 and 1.059,46 mm, being these respectively 9,11% e 90,89% of the rain precipitation. The proportion of water that reaches the ground through by stemflow in eucalyptus was similar to those obtained in similar studies. Except in July where there wasn't rain, the lowest percentage of interception by the canopy occurred in the months of May and June (6.62% and 7.29%), while on rainy period, from October to March, was on average 12.6%. Concluded that there is a high correlation between the rain precipitation and effective precipitation, but there is a lower correlation with the stemflow. In seasons of spring and summer rainfall is greater (80.49%), but data on average is lower due to higher frequency of rain events.

Keywords: *Eucalyptus grandis*, Rain Precipitation, Interception by Canopies.

INTRODUÇÃO

A cobertura florestal possui uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica, interferindo no movimento da água em vários compartimentos do sistema, inclusive nas saídas para a atmosfera e rios. Uma das principais influências da floresta ocorre no recebimento das chuvas pelas copas das árvores, quando se dá o primeiro fracionamento da água, onde uma parte é temporariamente retida pela massa vegetal, processo denominado de interceptação, e em seguida evaporada para a atmosfera (ARCOVA et al., 2003).

A interceptação da chuva pelas copas é obtida pela diferença entre as precipitações total a céu aberto e efetiva que atinge o piso florestal (HERWITZ & SLYE, 1995), sendo caracterizada pela dimensão da chuva, em termos de intensidade e tipo, e pela arquitetura da copa, importante na proteção dos solos contra o impacto direto das gotas (XIAO et al., 2000).

GÊNOVA et al. (2007) concluíram que algumas características estruturais e ecológicas do dossel exercem influência sobre os processos hidrológicos em plantios de recuperação da mata ciliar; bem como maior interceptação e menor

umidade do solo tendem a ocorrer em florestas perenifólias, especialmente naquelas com alta densidade de árvores.

Além da interceptação pelas copas, outros aspectos importantes a serem considerados são as precipitações total e interna, e o escoamento pelo tronco. A precipitação total é a quantidade de chuva medida acima das copas ou diretamente ao chão, em terreno aberto adjacente à floresta. A precipitação interna é a chuva que atravessa o dossel florestal, e o escoamento pelo tronco é a água da chuva que, depois de retida na copa, escoam pelos troncos em direção à superfície (MOLCHANOV, 1971; LIMA, 1976; XIAO et al., 1998).

Com base no exposto, este estudo foi montado tendo como objetivos estimar a precipitação total incidente a céu aberto (PA) em povoamento de *Eucalyptus grandis*, durante o ano de 2008, e quantificar a redistribuição da água no sistema entre os seguintes componentes hidrológicos: precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE), escoamento pelos troncos (Et) e interceptação pelas copas (Ic).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Fazenda Guanabara, uma das fazendas de reflorestamento da empresa Duratex, em Lençóis Paulista, coordenadas geográficas: 22° 21'2" S de latitude e 48° 48'2" W de longitude, altitude de 560 metros (CEPAGRI, 2009). Segundo a classificação climática de Koeppen, o clima é tropical do tipo Aw, sendo a temperatura média do mês mais frio de 10,9°C e a do mês mais quente de 30,3°C, com precipitação anual média de 1.300mm (CEPAGRI, 2009).

A precipitação pluviométrica total do período

avaliado foi quantificada de uma média aritmética de quatro pluviômetros instalados próximos ao fragmento, a céu aberto, a uma distância média de 100 m das árvores (Figura 1), e a precipitação interna foi quantificada em seis pluviômetros sob dossel das árvores (Figura 2). Os pluviômetros foram construídos com peças de cano de PVC, com abertura de 100 mm para a coleta da água das chuvas. A água coletada foi escoada para um recipiente de dois litros, no qual foi armazenado até a quantificação.



Figura 1. Pluviômetro a céu aberto utilizado para o monitoramento do total de água precipitada no ambiente (a) e pluviômetro sob o dossel utilizado para o monitoramento da água da precipitação interna no povoamento de eucalipto (b) - Lençóis Paulista-SP.

O escoamento pelo tronco foi quantificado através de seis dispositivos coletores instalados nos troncos das árvores (Figura 3). Os coletores foram construídos com folha de zinco galvanizada em forma circular com 10 cm de largura, e instalados de forma a direcionar a água para um dreno com 2 cm de diâmetro. Ao dreno foi soldada

uma rede para separar as impurezas e um cone de 10 cm de comprimento. A água coletada foi escoada para um tambor de 50 litros. O diâmetro interno dos coletores variou entre 15,17 a 23,2 cm, conforme o diâmetro das árvores, selecionadas aleatoriamente dentro da área experimental.



Figura 3. Modelo de coletor utilizado para monitoramento da água através do escoamento pelo tronco de eucalipto (Et) - Lençóis Paulista-SP.

A precipitação interna (PI), ocorrida dentro do fragmento, foi quantificada em cm^3 em cada um dos eventos chuvosos e transformada em milímetros de chuva pela equação 1, sendo: PI = precipitação interna (mm); V_{pi} = volume de chuva coletado (cm^3); A_p = área do pluviômetro (cm^2).

$$PI = \frac{V_{pi}}{A_p} 10 \quad (\text{Eq.1})$$

O escoamento pelo tronco (Et), foi medido em cm^3 e transformada em milímetros de chuva pela equação 2, sendo: Et = escoamento pelo tronco (mm); V_{et} = volume de chuva coletado pelo tronco (cm^3); A_c = área da copa (cm^2).

$$Et = \frac{V_{et}}{A_c} 10 \quad (\text{Eq.2})$$

A soma da precipitação interna mais a água do escoamento pelo tronco forneceram a precipitação efetiva (PE) ocorrida no interior do fragmento, determinada pela equação 3, sendo: PE = precipitação efetiva (mm); PI = precipitação interna (mm); Et = escoamento pelo tronco (mm).

$$PE = PI + Et \quad (\text{Eq.3})$$

A estimativa da interceptação (Ic) das chuvas pelas copas das árvores foi calculada utilizando as médias das precipitações totais e efetivas através da equação 4, sendo: Ic = interceptação pelas copas (mm); PA = precipitação total média a céu aberto (mm); PE = precipitação efetiva (mm).

$$Ic = PA - PE \quad (\text{Eq.4})$$

As medições da água das chuvas foram registradas de 01 de janeiro a 29 de dezembro de 2008, totalizando 41 coletas.

Os dados de precipitação total incidente a céu aberto (PA), precipitação interna (PI), escoamento pelo tronco (Et), precipitação efetiva (PE) e interceptação pela copa (Ic) foram submetidos a regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados a quantidade de eventos chuvosos e valores para precipitação total a céu aberto (PA), precipitação interna (PI), escoamento pelo tronco (Et), precipitação efetiva (PE) e interceptação pelas copas (Ic) em plantio de *Eucalyptus grandis* ao longo do ano de 2008.

Tabela 1. Redistribuição da água da chuva ao longo do ano de 2008, com o número de eventos de chuva medidos e o total mensal de cada processo hidrológico, em plantio de *Eucalyptus grandis* com 6 anos de idade - Fazenda Guanabara, Duratex, Lençóis Paulista-SP. (PA: precipitação total a céu aberto; PI: precipitação interna; Et: escoamento pelo tronco; PE: precipitação efetiva; Ic: interceptação pelas copas).

Mês	Numero de eventos	PA (mm)	PI (mm)	Et (mm)	PE (mm)	Ic (mm)	Ic %
Janeiro	13	174,40	138,84	18,75	157,59	16,81	9,64
Fevereiro	4	126,86	109,22	6,01	115,23	11,63	9,17
Março	5	141,51	123,59	4,01	127,60	13,91	9,83
Abril	2	73,92	64,96	2,62	67,58	6,34	8,58
Mai	1	89,85	79,24	4,66	83,90	5,95	6,62
Junho	2	78,60	66,91	5,96	72,87	5,73	7,29
Julho	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	1	81,28	67,68	4,13	71,81	9,47	11,65
Setembro	1	28,29	24,11	1,00	25,11	3,18	11,24
Outubro	5	121,00	106,65	3,60	110,25	10,75	8,88
Novembro	3	59,50	48,00	5,85	53,85	5,65	9,50
Dezembro	4	190,50	162,00	11,67	173,67	16,83	8,83
Total	41	1.165,71	991,20	68,26	1.059,46	106,25	9,11

A precipitação total a céu aberto (PA) totalizou 1.165,71 mm, e este total foi redistribuído na forma de precipitação interna (PI) 991,20 mm (80,03% de PA), de escoamento pelos troncos (Et) 68,26 mm (5,86% de PA), de precipitação efetiva (PE) de 1.059,46 mm (90,89% de PA). As perdas por interceptação pelas copas (Ic) totalizaram 106,25 mm (9,11% de PA) (Tabela 1).

O total mensal de chuva variou entre um valor máximo de 190,5 mm a um valor mínimo de 0,0 mm, nos meses de dezembro e julho de 2008, respectivamente. Os meses de outubro a março caracterizaram o período mais chuvoso, sendo registrados 7 eventos de chuva somente no mês de janeiro, e os meses de julho e setembro foram os meses que apresentaram menores precipitações a céu aberto (Tabela 1).

Ainda na Tabela 1 nota-se claramente que a precipitação interna (PI) contribui com a maior parte da água que chega a superfície, correspondendo a um volume total de 991,20 mm, sendo que este valor representou 80,03% da precipitação total incidente a céu aberto (PA). Em estudos realizados na região sudeste do Brasil, a precipitação interna variou entre 70 a 80% da precipitação anual a céu aberto (LIMA & NICOLIELO, 1983; CICCIO et al., 1986/1988; FUJIEDA et al., 1997; RODRIGUES, 1999; ARCOVA et al., 2003; OLIVEIRA Jr. & DIAS, 2005).

A Figura 1a mostra como a precipitação interna é altamente relacionada com a precipitação a céu aberto, como descrito pelo modelo de regressão linear com $R^2 = 0,996$.

O escoamento pelos troncos (Et) obtido em *Eucalyptus grandis* foi de 68,26 mm e representou 5,86% da precipitação medida a céu aberto (Tabela 1). O valor do Et é aparentemente

pequeno, porém não deve ser negligenciado, pois tem importância no ciclo hidrológico por ser eficiente na reposição de água no solo, pois o volume de água recebido nas proximidades dos troncos chega a ser cinco vezes superior àquele recebido em áreas mais distantes (NÁVAR & BRYAN, 1990), além de atingir a superfície com baixa velocidade devido ao atrito com a casca dos vegetais, possibilitando infiltração e reduzir a incidência de escoamento superficial.

Assim como no presente trabalho, os valores observados para a quantificação do volume de água do escoamento pelo tronco, na região sudeste do Brasil, resultou em pequenos valores, que variaram de 0,2% a 4,2% da precipitação anual a céu aberto (LIMA, 1976; CICCIO et al., 1988; FUJIEDA et al., 1997; OLIVEIRA Jr. & DIAS, 2005).

A Figura 1b mostra que a relação entre a precipitação total e o escoamento pelos troncos é regular ($R^2 = 0,70$) com regressão linear $Et = 0,047x + 0,3283$.

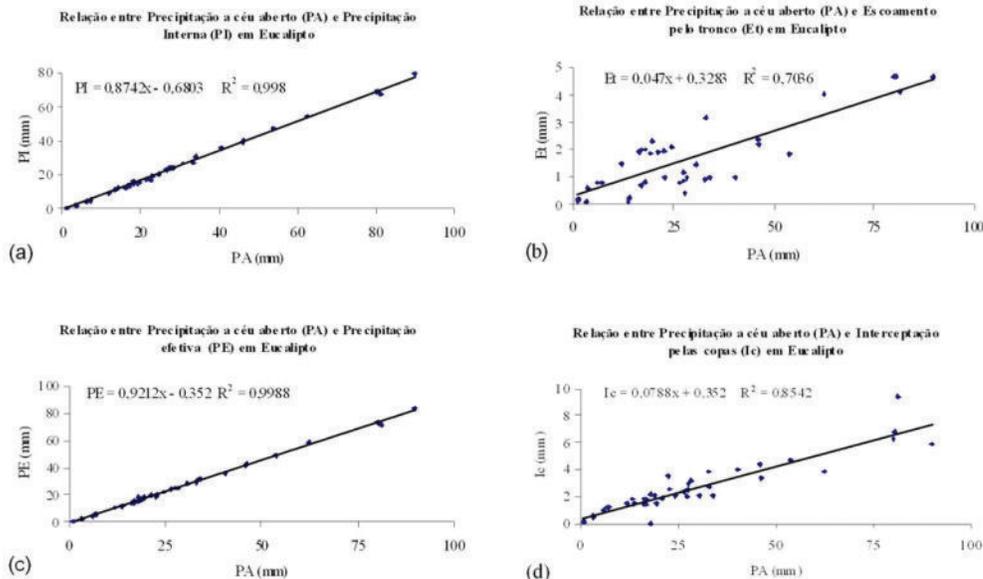


Figura 1. Correlações entre a precipitação total incidente a céu aberto (PA) e as variáveis: (a) precipitação interna (PI), (b) escoamento pelo tronco (Et), (c) precipitação efetiva (PE), (d) interceptação pela copa (Ic) em plantio de *Eucalyptus grandis*, Lençóis Paulista, São Paulo, no ano de 2008.

A precipitação efetiva (PE) foi de 1.059,46 mm, o que correspondeu a 90,89% da precipitação total incidente na área estudada (Tabela 1), dado com valor superior ao observado em povoamentos de seringueira, que segundo RODRIGUES et al. (2008) em dois anos hidricos (1995/96 e 1996/97) as precipitações efetivas resultaram entre 75,1% e 77,5% da precipitação em área aberta.

Como esperado, ocorreu alta correlação linear entre a precipitação efetiva e a precipitação total com $R^2 = 0,9988$ (Figura 1c). Isso mostra o efeito linear das variáveis, precipitação interna e escoamento pelo tronco em virtude da precipitação a céu aberto.

A interceptação da precipitação pelas copas foi de 106,25 mm que representou 9,11% da precipitação total, com isso nota-se a contribuição do plantio na redução do impacto das gotas das chuvas sobre o solo e diminuição os danos ao solo causado pela erosão. Exceto no mês de julho, onde não houve evento chuvoso, as menores interceptações pelas copas (6,62% e 7,29%) ocorreram, respectivamente, nos meses de maio e junho de 2008 (Tabela 1). Este fato pode ser atribuído a queda parcial das folhas no final de outono e início de inverno, com diminuição da massa foliar das copas das árvores, nesse período do ano.

A interceptação pelas copas apresentada neste estudo foi superior a obtida por LIMA (1976), de 6,6% em povoamentos de Pinus. ARCOVA et al. (2003) observou que a interceptação pelas copas em vegetação secundária de Mata Atlântica atinge 18,6% e RODRIGUES (2008), estudando povoamentos de seringueira observou para este mesmo parâmetro valores entre 22,5% e 24,9%.

Além da análise mensal da redistribuição das chuvas, há de se levar em consideração o processo agrupado nas diferentes estações do ano, sendo observado um período seco (outono-inverno) e um chuvoso (primavera-verão). Na Tabela 2 nota-se claramente o crescimento do volume precipitado a céu aberto (PA) na primavera-verão, totalizando 800,31 mm em 33 eventos chuvosos, porém quando observa-se os dados médios nota-se menores valores para todas as variáveis analisadas, em face da maior

freqüência de eventos chuvosos (80,49%). Para as estações outono-inverno nota-se redução acentuada na intensidade de precipitação total, totalizando 365,40 mm, porém como apenas ocorreram 8 eventos chuvosos, nota-se um incremento nos dados médios para todas as variáveis estudadas.

Nota-se na Tabela 3 que os intervalos de classes 0-6 e 6-12 mm ocorrem apenas nas estações da primavera e verão, representando 15,51% do total dos eventos chuvosos que ocorreram durante o ano. Os intervalos de classes 12-24 mm e 24-48 mm apresentaram, respectivamente, uma freqüência de 85,71% e 76,92% (5+7 e 3+7 eventos chuvosos) nas estações da primavera e verão, em relação ao total de eventos chuvosos dentro de cada classe acima referida.

Tabela 2. Redistribuição da água da chuva nas diferentes estações ao longo do ano de 2008, em *Eucalyptus grandis* com 6 anos de idade - Fazenda Guanabara, Duratex, Lençóis Paulista-SP. (PA: precipitação total a céu aberto; PI: precipitação interna; Et: escoamento pelo tronco; PE: precipitação efetiva; Ic: interceptação pelas copas).

Estação	Frequência	PA (mm)	PA	Et	PE	PI	Ic	Ic %
			Dados médios da estação (mm)					
Primavera (P)	11	291,00	26,45	1,50	24,01	22,51	2,45	9,24
Verão (V)	22	509,31	23,15	1,52	21,02	19,51	2,13	9,19
P + V	33	800,31	49,61	3,01	45,03	42,02	4,57	18,43
Outono (O)	6	255,83	42,64	2,22	39,32	37,10	3,32	7,77
Inverno (I)	2	109,57	54,79	2,57	48,46	45,90	6,33	11,55
O + I	8	365,40	97,42	4,79	87,78	83,00	9,64	19,32

Tabela 3. Frequência dos eventos chuvosos em diferentes intervalos de precipitação em área aberta (PA) - Fazenda Guanabara, Duratex, Lençóis Paulista-SP.

Classes de PA (mm)	Frequência				
	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Total
0 – 6	1	4	-	-	5
6 – 12	1	2	-	-	3
12 – 24	5	7	2	-	14
24 – 48	3	7	2	1	13
> 48	1	2	2	1	6
Total	11	22	6	2	41

CONCLUSÕES

- Com base nos resultados conclui-se que existe uma alta correlação entre a precipitação total e efetiva, porém há uma menor correlação entre a precipitação total e o escoamento pelos troncos.

- O escoamento pelo tronco das árvores foi considerado pequeno quando comparado com os outros componentes do processo hidrológico em estudo, porém de grande importância, pois é direcionado para o sistema radicular do indivíduo, principalmente quando as chuvas diminuem de intensidade e frequência.

- A interceptação pelas copas resultou em 106,25 mm, o equivalente a 9,11 % da precipitação total incidente em área aberta que foi de 1.165,71 mm, sendo que a interceptação foi menor nos meses de maio e junho (6,62% e 7,29%), quando diminuiu a massa foliar das copas das árvores.

- Nas estações da primavera e verão há uma maior precipitação (80,49%), porém em dados médios há menores valores devido a maior frequência de eventos chuvosos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (FEPAF) pelo convênio "Projeto Nascentes" com a Duratex, e a toda equipe técnica da empresa pelo apoio e colaboração prestada durante a execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação pelas copas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura.. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_305.html>. Acesso em: 01 de jun. de 2009.

CICCIO, V.; ARCOVA, F. C. S.; SHIMOMICHI, P. Y.; FUJIEDA, M. Interceptação das chuvas por floresta natural secundária de mata atlântica. **Silvicultura em São Paulo**, vol. 20/22, p. 25-30, 1986/88.

FUJIEDA, M.; KUDOH, T.; CICCIO, V.; CARVALHO, J. L. Hydrological processes at two subtropical Forest catchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 196, p. 26-46, 1997.

GÊNOVA, K. B.; HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de reestruturação de mata ciliar em região de cerrado. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, n.19. 2007.

HERWITZ, S. R., SLYE, R. E. Three-dimensional modeling of canopy tree interception of wind-driven rainfall. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.168, p.205-26, 1995.

LIMA, W. P.; NICOLIELO, N. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerradão. **Revista IPEF**, Piracicaba, n.24, p.43-46, 1983.

LIMA, W. P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e pinheiro. **Revista IPEF**, Piracicaba, n.13, p.75-90, 1976.

MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971, 419p.

NÁVAR, J.; BRYAN, R. Interception loss rainfall redistribution by tree semi-arid growing shrubs in northeastern México. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.115, p.51-63, 1990.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em fragmento da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p. 9-15, 2005.

RODRIGUES, V. A. *Manejo da seringueira Hevea brasiliensis Muell. Arg. e seus efeitos na produção de látex e na conservação da microbacia do Córrego da Barra Grande*. 1999. 113 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

RODRIGUES, V. A. Redistribuição da precipitação em Seringueira. **Revista Irriga**, Botucatu, vol.13, n.4, p.566-575, 2008.

RODRIGUES, V. A.; RIBAS, L. C.; TRABULSI, M. C. M. Redistribuição das chuvas no seringal em dois anos hídricos. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 23, n.2, 2008, p.100-114.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; USTIN, S.L.; GRISMER, M.E.; SIMPSON, J.R. Winter rainfall interception by two mature open-grow trees in Davis, California. **Hydrological Processes**, Davis, v.14, p.763-784, June 2000.

XIAO, Q.; McPHERSON, E.G.; USTIN, S.L.; GRISMER, M.E.; SIMPSON, J.R. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, Davis, v.24, n.235-244, July 1998.