

CÁLCULO DO ESCOAMENTO PELO TRONCO EM POVOAMENTOS DE *EUCALYPTUS UROGRANDIS* ESTABELECIDOS NO RIO GRANDE DO SUL

*Catarine Barcellos Consensa*¹; *Jussara Cabral Cruz*²; *Vinicius Ferreira Dulac*³; *Mirian Lago Valente*⁴; *Carine Baggiotto*^{5*}; *Pedro Brites Pascotini*⁶ & *Christian Santana Cunha*⁷

Resumo - Nos estudos de interceptação pluviométrica são monitoradas as variáveis hidrológicas, como precipitação total, precipitação interna e escoamento pelo tronco. O escoamento pelo tronco representa uma parcela pequena no balanço da interceptação pluviométrica, mas é importante ser monitorado e quantificado com precisão. Para calcular o escoamento pelo tronco em milímetros (L/m²), muitos autores realizam o cálculo com base na área de projeção da copa da árvore, outros autores desenvolvem o cálculo extrapolando o escoamento com base na área total do povoamento florestal, ainda alguns trabalhos na literatura não indicam o método utilizado. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo comparar duas metodologias para calcular o escoamento pela copa de *Eucalyptus urograndis* implantados no município de Rosário do Sul, Rio Grande de Sul. A porcentagem média foi de 2,2 % usando a transformação com base na extrapolação para a área do povoamento, enquanto que usando apenas com base na área de projeção da copa foi de 2,9 % o escoamento médio. Através da comparação do uso de duas equações para converter o escoamento pelo tronco de *Eucalyptus urograndis* medido em litros para milímetros, foi possível observar que não houve diferença significativa entre as metodologias neste caso, sendo que é um povoamento homogêneo.

Palavras-Chave – Escoamento pelo tronco; *Eucalyptus urograndis*.

CALCULATION OF THE STEMFLOW IN FOREST OF EUCALYPTUS UROGRANDIS ESTABLISHED IN RIO GRANDE DO SUL.

Abstract – In studies of rainfall interception are monitored hydrological variables such as rainfall, precipitation internal and stemflow. The flow through trunk represents a small portion of the balance of rainfall interception, but it is important to be monitored and quantified accurately. To calculate the stemflow in millimeters (L/m²), many authors perform the calculation based on the projection area of the tree canopy, other authors develop the calculation extrapolating the flow based on the total area of the forest stand, yet few studies in the literature do not indicate the method used. Therefore, this study aimed to compare two methods to calculate the flow through the canopy of *Eucalyptus urograndis* deployed in the city of Rosário do Sul, Rio Grande do Sul. The average percentage was 2.2% using a transformation based on the extrapolation to area of settlement, while using only based on the area of crown projection was 2.9%, the mean flow. By comparing the use of two equations to convert the stemflow *Eucalyptus urograndis* measured in liters to millimeters, it was observed that there was no significant difference between the methods in this case, that is a homogeneous population.

Keywords – Stemflow; *Eucalyptus urograndis*.

¹Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Doutorado em Engenharia Florestal. catarineconsensa@gmail.com

²Dr^a, Prof^a Associada do Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria. jussaracruz@gmail.com

³Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. vfdulac@gmail.com

⁴Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Mestre Engenharia Florestal. mirian_sm@yahoo.com.br

^{5*}Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Acadêmica do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. carine.bg@hotmail.com

⁶Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Mestrando em Engenharia Ambiental. pedropascotini@hotmail.com

⁷Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental. christianscunha@gmail.com

INTRODUÇÃO

O ciclo hidrológico é o tema principal da hidrologia e envolve diversos processos hidrológicos, sendo condensação, precipitação, interceptação, evapotranspiração, infiltração e percolação, exemplos de processos verticais, e os escoamentos superficial e sub-superficial, exemplos de processos horizontais (LIMA, 1996; KOBAYAMA, 1999).

A interceptação da chuva pela cobertura florestal pode ser quantificada através da equação da continuidade do sistema de interceptação, (CROCKFORD e RICHARDSON, 2000; HELVEY e PATRIC, 1965; TUCCI, 2007): $I = PA - (Pi + EscT)$, em que, I é a precipitação interceptada, PA é a precipitação no ambiente aberto, Pi é a precipitação que atravessa a vegetação e atinge o solo e $EscT$ é a parcela que escorre pelo tronco.

Além da precipitação interna que atinge o solo, outro percentual da precipitação total pode atingir o solo através do escoamento pelo tronco. O escoamento pelo tronco é a parcela da precipitação que atinge a copa da árvore, é direcionada pelo galhos até o tronco da árvore e escorre pelo tronco.

O escoamento pelo tronco tem importância no ciclo hidrológico por ser eficiente na reposição de água no solo, pois chega à superfície com baixa velocidade devido ao atrito com a casca dos vegetais, e se direciona próximo às raízes o que reduz o escoamento superficial. Essa água infiltra mais facilmente no solo e favorece o reabastecimento do lençol freático (OLIVEIRA et al. 2008).

Muitas vezes o escoamento pelo tronco é um valor negligenciado por alguns autores por significar pequenos percentuais, em torno de 1 a 5% dos totais precipitados (HORTON, 1919; LIMA e NICOLIELO, 1983). Franken et al. (1992) desprezaram o escoamento pelo tronco, tendo como não representativo quando comparado aos demais termos da equação. Segundo os autores é um valor passível de ser desprezado uma vez que os erros cometidos nas leituras superam os seus próprios valores. Para Johnson (1990), o escoamento pelo tronco é desprezível quando determinado como porcentagem das precipitações incidentes.

Embora as medições de escoamento pelo tronco mostram que é uma pequena parte do ciclo hidrológico que pode ter um papel muito mais significativo, Durocher (1990, apud DAVIE, 2008) descobriu que as árvores com casca mais suaves, tiveram maiores taxas de escoamento pelo tronco, pois a casca lisa tende a aumentar a drenagem para escoamento pelo tronco. Segundo Davie (2008) o escoamento pelo tronco atua como um funil que recolhe água a partir de uma grande área de captação mas entregá-lo para o solo numa área muito mais pequena.

Franken et al. (1982) salientaram que além da quantidade e intensidade das chuvas, a rugosidade do tronco, características morfológicas do vegetal, idade do povoamento, diâmetro do tronco e posição da espécie dentro do ecossistema influenciam o escoamento de água pelo tronco.

Para Vieira e Palmier (2006) um grande problema encontrado quando se trabalha com o escoamento pelo tronco é a dificuldade de transformar o volume de água coletado nas árvores em mm de altura equivalente de chuva.

Dentro deste contexto, este trabalho teve por objetivo comparar duas metodologias para calcular o escoamento pelo tronco de *Eucalyptus urograndis* implantados no município de Rosário do Sul, Rio Grande de Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na “Estância Tarumã”⁸ (43,59 km²) que pertence à multinacional Stora Enso de papel e celulose, situada no município de Rosário do Sul e faz parte da bacia hidrográfica do rio Santa Maria. É uma microbacia florestada é coberta grande parte por *Eucalyptus urograndis*, com de 44,65 hectares, plantados no ano de 2007, com espaçamento de 3,5 m x 2,5 m.

Na Tabela 1, podemos observar as características dendrométricas do povoamento avaliados no presente estudo, obtidas durante o período de monitoramento.

Tabela 1- Variáveis obtidas através de inventário florestal (média \pm desvio padrão) do povoamento de *Eucalyptus urograndis* avaliado.

Variáveis	<i>Eucalyptus urograndis</i>
Idade (anos)	5
Espaçamento	3,5m x 2,5 m
Árvores/ha	1194,1
DAP (cm)	164,47 \pm 26,76
Altura (m)	22,13 \pm 1,96
Área Basal (m ²)	4,44
Área do povoamento (m ²)	1.782,1 m ²

Sendo: DAP = diâmetro á altura do peito (1,30 m da superfície do solo).

O escoamento pelo tronco foi quantificado conforme metodologia de Singh (1976), para posterior balanço da interceptação no plantio de *Eucalyptus urograndis*, juntamente à área de monitoramento da precipitação interna.

Para a coleta do escoamento pelo tronco foram selecionadas 4 árvores de diâmetro médio que representasse o povoamento de *Eucalyptus* sp. Fez-se o uso de mangueiras com diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegadas, particionadas ao meio e fixadas na árvore formando uma volta e meia entorno do tronco (Figura 1). Para garantir melhor fixação da mangueira e completa vedação na árvore foram utilizados, braçadeira de metal, espuma de poliuretano e cola silicone.

A água escoada por gravidade foi direcionada para galões de plástico com capacidade de armazenamento de 20 litros e as leituras do volume escoamento foram realizadas o auxílio de uma proveta graduada.

A precipitação total da microbacia florestada foi determinada com base nos dados de chuva coletados em 4 pluviômetros, um dos pluviômetros pertence ao projeto BEFLORESTA - GERHI, no modelo “*Ville de Paris*” da HIDROMEC® com área de captação de 400 cm².

⁸ No RS, estância (que quer dizer lugar de estar) é o estabelecimento rural destinado especialmente à criação de gado bovino, podendo haver também ovinos ou eqüinos (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Est%C3%A2ncia>). No caso específico, apesar de o local estar coberto por silvicultura, foi preservado o nome da propriedade, visando menor impacto cultural local.



Figura 1 - Sistema coletor de água escoada pelo tronco das árvores de *Eucalyptus urograndis*.

A conversão do volume escoado e quantificado em litros (L), para transformar para milímetros (mm) foi realizado o cálculo com base em duas equações:

1) Usando a área basal das árvores monitoradas e na área dos povoamentos de *Eucalyptus urograndis* (descritas na Tabela 1) por meio da Equação 1, metodologia utilizada também por Oliveira et al. (2008) e Corrêa (2011);

2) Usando a área de captação da copa da árvore, sendo esta considerada foi em função do espaçamento dos plantios, ou seja, a projeção da copa de cada árvore que na teoria fica entorno de 6-7 m², uma vez que os galhos das árvores se tocam. Sendo assim, o volume escoado é quantificado conforme a Equação 2.

$$EscT_{(mm)} = \frac{v}{g} \times \frac{G}{A} \quad (1)$$

Sendo *EscT* o escoamento pelo tronco (mm), *v* o volume coletado (L), *g* é a área basal da árvore, *G* é a área basal da parcela (m²) e *A* é a área da parcela (m²).

$$EscT = \sum \left(\frac{V}{Ac} \right) \quad (2)$$

Em que, *EscT* o escoamento pelos troncos em L/m² ou mm, o que equivale a lâmina de água dada em mm de chuva; *V* é o volume de água coletada em litros e *Ac* é a área de captação da copa da árvore monitorada. Neste caso foi usado de *Ac* de 6 m² (área do espaçamento), pois as copas já se tocam. Caso as árvores não estivessem se tocando a área de captação seria calculada em função do raio da projeção da copa da árvore, em metros.

RESULTADOS E DISCUSÃO

Durante o ano hidrológico (2011-2012) monitorado, obteve-se 9 coletas de escoamento pelo tronco. Na Tabela 2, são apresentados os valores monitorados de escoamento pelo tronco.

Tabela 2 – Quantitativos do escoamento pelo tronco (em mm e em percentagem) no plantio de *Eucalyptus urograndis*, do total precipitado.

Coletas	PA		Metodologia 1		Metodologia 2	
			EscT <i>E. urograndis</i>		EscT <i>E. urograndis</i>	
	mm	%	mm	%	mm	%
C1	49,0	100	5,93	2,86	2.4	5.0
C2	44,9	100	5,07	3,62	2.3	5.2
C3	48,0	100	2,59	0,91	1.0	1.7
C4	9,5	100	1,80	2,92	0.01	0.1
C5	46,0	100	4,69	3,19	2.0	4.3
C6	47,3	100	2,27	2,37	0.9	2.0
C7	60,0	100	5,88	2,49	2.5	4.1
C8	5,5	100	0,04	0,71	0.02	0.3
C9	109,0	100	5,52	0,93	3.3	3.1
Porcentagem Média Esc. Tronco á campo (C13 á C21)			3,8	2,2	1,6	2,9

Em percentagem, a média encontrada para as coletas de escoamento pelo tronco, no plantio de *Eucalyptus urograndis* foi de 2,2 % da precipitação total utilizando a fórmula do escoamento com base na extrapolação para a área do povoamento. E a porcentagem média de escoamento pelo tronco para o plantio usando a equação baseada na área de projeção das copas das árvores monitoradas foi de 2,9 %.

Pode-se perceber que os escoamentos pelo tronco em ambas as espécies não tiveram diferença significativa, este fato pode ser explicado pelo tamanho dos diâmetros médios dos povoamentos serem valores próximos, pois é um plantio clonal, como mostra o Quadro 1.

Oliveira et al. (2008) teve o quantitativo de 1,7 % de escoamento pelo tronco da precipitação total, e 21,5 % de interceptação em Floresta Nacional. A precipitação efetiva e a precipitação interna foram de 78,5%, 76,8% da chuva total. Valor próximo ao valor encontrado no escoamento pelo tronco no plantio de *Eucalyptus urograndis*, pela Equação 1.

Os valores encontrados no monitoramento do escoamento pelo tronco no povoamento *Eucalyptus urograndis* são compatíveis com os valores referenciais em povoamentos de *Eucalyptus* spp. encontrados na literatura. Shinzato et al. (2011) quantificaram e compararam a dinâmica entre o escoamento pelo tronco (Et) e a precipitação incidente (P) em três povoamentos florestais: *Eucalyptus cloeziana*, *Pinus* sp. e fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (FES), ao final de 25 observações, verificou-se que os valores de Et representaram 1,0% em *E. cloeziana*, *Pinus* sp., e FES da precipitação incidente, além disso, observaram que o Et torna-se presente a partir de Ptotal igual ou maior que 11,0 mm, 6,6 mm e 8,2 mm.

CONCLUSÃO

Através da comparação do uso de duas equações para converter o escoamento pelo tronco de *Eucalyptus urograndis* medido em litros para milímetros, foi possível observar que não houve diferença significativa entre os resultados.

A porcentagem média foi de 2,2 % usando a transformação com base na extrapolação para a área do povoamento, enquanto que, usando a equação com base apenas na área de projeção da copa foi de 2,9 % o escoamento médio.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que colaboraram para a realização deste trabalho: à CNPQ, CAPES, FINEP, FAPERGS, CT-HIDRO, STORA ENSO, à Universidade Federal de Santa Maria e ao grupo GERHI.

REFERÊNCIAS

- CÔRREA, R. S.(2011). *Ciclagem de nutrientes em Eucalyptus dunnii estabelecido no bioma pampa*. 99f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.
- CROCKFORD, R. H.; RICHARDSON, D. P. (2000). Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological processes*. v. 14, pp. 2903-2920.
- DAVIE, T. (2008). *Fundamentals of hydrology*. 2 ed. 200 p.
- FRANKEN, W. et al. (1982). Interceptação das precipitações em floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazonica*, v. 12, pp. 15-22.
- FRANKEN, W. et al. (1992). Estudo da interceptação da água da chuva em cobertura florestal Amazônica do tipo terra firme. *Acta Amazonica*, v. 12, n. 2, pp. 327-331.
- HELVEY, J.D., PATRIC, J.H. (1965). Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of eastern United States, *Water Resources Research* n. 1, pp. 193-206.
- HORTON, R. E. (1919). Rainfall interception. *Mon. Weath. Rev.*, v. 47, pp. 603-623.
- JOHNSON, R. G. (1990). The interception, throughfall and stemflow in a forest in Highland Scotland and the comparison with other upland forests in the U.K. *Journal of Hydrology*. (Amst), v. 118, pp. 281-287.
- KOBIYAMA, M. (1999). *Manejo de bacias hidrográficas: conceitos básicos*. In: Curso de Manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal, Apostila, Curitiba: FUPEF, pp. 29-31.
- LIMA, W. P.; NICOLIELO, N. (1983). Precipitação efetiva e a interceptação em florestas de Pinheiros tropicais e em uma reserva de Cerradão. *Revista IPEF*, n. 24, pp. 43-46.
- LIMA, W. P. (1996). *Impacto ambiental do Eucalipto*. 2. ed. São Paulo: Editora. Universidade de São Paulo, 301p.
- OLIVEIRA, L. L. et al. (2008). Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. *Acta Amazônica*. v. 38, pp. 723-732.

SINGH, B. (1976). *The effect of intercepted rainfall on evapotranspiration*. 1976. 155f. Dissertation (Department of Geègraphy) - *McGill University* - Montreal.

SHINZATO, E. T. et al. (2011). Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. *Scientia. Forestalis*. Piracicaba, v. 39, n. 92, pp. 395-402.

TUCCI, C. E. M. (2007). Interceptação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/EDUSP, v.4, pp.243-252, 943p.

VIEIRA, C. P.; PALMIER, L. R. (2006). Medida e Modelagem da Interceptação da Chuva em uma Área Florestada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v. 11, n. 3, pp. 101-112.