

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM UMA FLORESTA DE MATA NATIVA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Vanessa Sari^{1} & Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva²*

Resumo – Esse estudo teve por objetivo analisar a influência da variabilidade espacial da vegetação nos valores da precipitação interna monitorados em uma floresta natural, característica do Bioma Mata Atlântica, localizada na região sul do Brasil. Para tal, foram analisadas as diferenças existentes entre os valores de precipitação interna coletados em uma parcela experimental de 12m x 50m, com utilização de 20 instrumentos mantidos em posições fixas e 20 instrumentos rotacionados em 81 posições de monitoramento. Os resultados demonstraram a existência de grande variabilidade espacial da vegetação na área monitorada, com presença de caminhos preferências e/ou pontos de gotejamento que condicionaram o escoamento da água coletada para determinados pontos de captação. Em geral os valores médios de P_i por coleta e o desvio padrão das coletas são maiores quando se mantém fixos os instrumentos coletores. Isso ocorre em razão da interação entre a variabilidade espacial da vegetação e das características pluviométricas em cada coleta. Essas verificações salientam a importância do processo de rotação dos instrumentos coletores de P_i , para garantir a representatividade dos valores monitorados.

Palavras-Chave – precipitação interna, interceptação

ANALYSIS OF THROUGHFALL VARIABILITY IN A NATIVE FOREST IN THE SOUTH OF BRAZIL

Abstract – This study aimed to analyze the influence of the vegetation spatial variability in throughfall values in a native forest, characteristic of the Atlantic Forest biome, located in the south of Brazil. It was analyzed the differences between the throughfall values collected in an experimental plot of 12m x 50m, using 20 instruments held in fixed positions and 20 instruments rotated by 81 monitoring positions. The results showed the existence of large vegetation spatial variability in the monitored area, with presence of areas where flow in the form of leaf-drip is preferential and also areas where flow is impeded by high foliar densities. In general the average throughfall values and standard deviation of these values are higher when the collection instruments remains fixed. This occurs due to the interaction between the spatial variability of vegetation and rainfall characteristics in each collection. These findings underscore the importance of the process of collector's rotation in order to ensure the representativeness of the monitored values.

Keywords – throughfall, interception loss

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sari.vanessa@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Santa Maria, eloizadepaiva@gmail.com

* Autor Correspondente

INTRODUÇÃO

Em locais onde a cobertura dos solos é composta predominantemente por florestas, a interceptação se converte em uma variável fundamental ao cálculo do balanço hídrico de uma dada bacia hidrográfica. De fato, a vegetação exerce efeito regulador, atuando, indiretamente, em todas as fases do ciclo hidrológico (TUCCI e CLARKE, 1997) e influenciando, através da interceptação, a quantidade e a magnitude das águas que serão liberadas pelo ecossistema.

A intensidade dessa influência dependerá das características da precipitação (intensidade, volume precipitado, chuva antecedente), das condições climáticas, do tipo e da densidade da vegetação, do grau de desenvolvimento vegetal e do período do ano analisado (TUCCI, 2012).

A presença de vegetação densa e/ou alta tende a incorrer em perdas maiores por interceptação enquanto que uma vegetação mais baixa e/ou esparsa possibilita a passagem de maior quantidade de água pelas copas das árvores, determinando a ocorrência de maior precipitação interna (BRUTSAERT, 2005). Além disso, em regiões de latitudes mais elevadas existe maior variação climática e, por consequência, a vegetação apresenta uma significativa modificação da folhagem ao longo do ano, interferindo, diretamente, no processo de interceptação (TUCCI, 2012).

Há que se destacar ainda, que quanto maior for a superfície de folhagem, maior também será a área de retenção da água durante a precipitação (TUCCI e CLARKE, 1997). Dessa forma, a Fenologia de queda das folhas – caracterizada pelo surgimento e queda sazonal de folhas – é um fator de extrema importância, afinal, florestas perenes (que conservam as folhas durante todo o ano) interceptam, anualmente, uma maior quantidade de precipitação se comparadas àquelas decíduais, que perdem as folhas em determinadas estações (BONAN, 2002).

No caso das florestas caducifólias, a interceptação será menor quando as folhas estão ausentes e, maior quando estas estão presentes (estação de crescimento). Já no que se relaciona a forma da folha, a presença de folhas largas, normalmente encontradas em árvores do tipo caduca, permite a junção das gotas de água, formando partículas maiores que excederão a capacidade de armazenamento da folha e gotejarão. Por outro lado, as folhas em forma de agulha, normalmente encontradas em árvores coníferas, não facilitam o gotejamento, pois a água fica armazenada separadamente, em várias agulhas, evitando a junção das gotas. Isso resultaria em maiores perdas por interceptação, uma vez que a água está mais condicionada ao processo de evaporação (BONAN, 2002).

Adicione-se ainda, que a existência de pontos de gotejamento (conhecidos por caminhos preferenciais) e a concentração de áreas protegidas (áreas de maior intensidade foliar) podem ocasionar certa irregularidade na distribuição espacial da precipitação interna (NEAL *et al.*, 1993), exigindo um elevado número de instrumentos coletores para que seja possível assegurar a representatividade dos valores monitorados. Nesse caso, a adoção de um sistema de rotação dos coletores, ao longo do processo de monitoramento, pode ser uma alternativa à garantia da consideração dessa variabilidade.

Bruijnzeel, Eugster e Burkard (2006) descrevem que a grande variabilidade espacial da precipitação interna em florestas naturais, especialmente as tropicais, requer a utilização de um grande número de medidores (geralmente maior que 20 ou 30). Entretanto, conforme sugerido por Lloyd e Marques (1988) esse erro pode ser minimizado pela utilização de um sistema de rotação dos instrumentos de coleta.

Nesse contexto, a presente pesquisa buscou analisar a influência da variabilidade espacial da vegetação nos valores da precipitação interna monitorada em uma floresta natural, característica do Bioma Mata Atlântica, localizada na região sul do Brasil. Para tal, foram analisadas as diferenças

existentes entre os valores de precipitação interna coletados em uma parcela experimental de 12m x 50m, com utilização de 20 instrumentos mantidos em posições fixas e 20 instrumentos rotacionados em 81 posições de monitoramento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A área estudada compreende uma pequena bacia hidrográfica experimental localizada no Sul do Brasil, na região central do estado do Rio Grande do Sul; na bacia do Rio Vacacaí Mirim. A Figura 1 mostra a localização da bacia hidrográfica estudada e a parcela monitorada dentro da bacia (identificada na figura por “Mata nativa”).

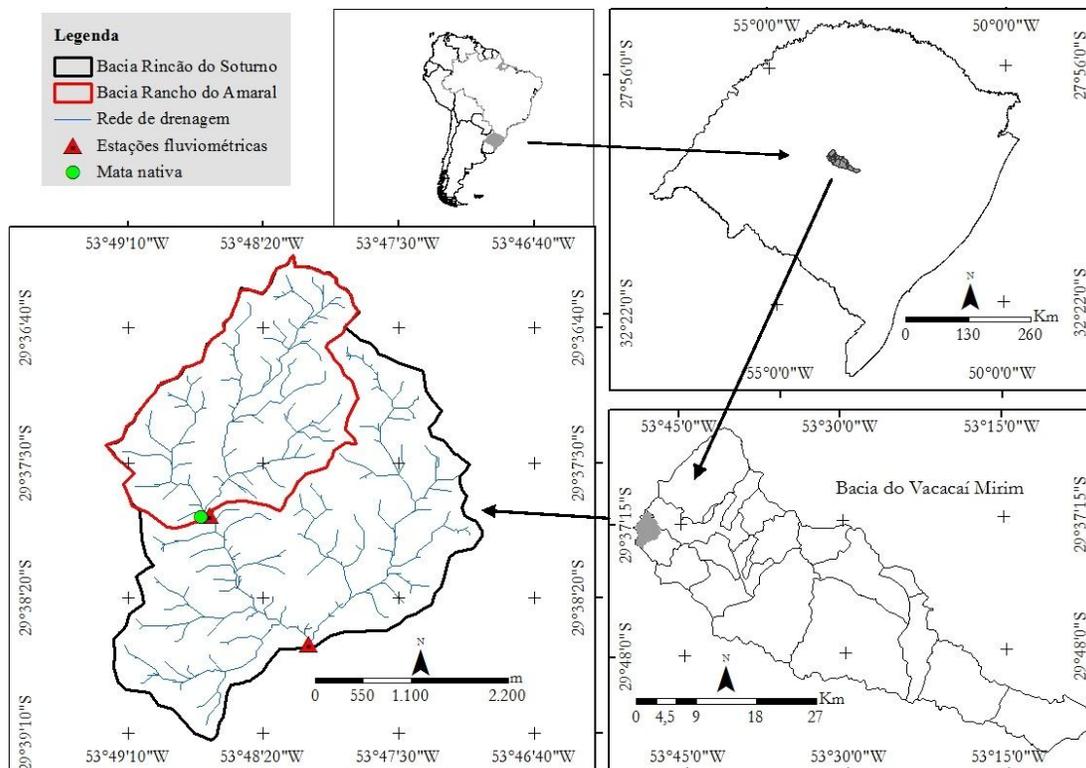


Figura 1- Localização da bacia hidrográfica e da parcela monitorada dentro da bacia

Essa bacia tem uma área aproximada de 4,5km² com vegetação predominante do tipo mata nativa, característica do bioma Mata Atlântica, além de áreas de campo nativo, pastagens, agricultura e plantios de eucalipto (*Eucalyptus sp*) (FELTRIN, 2009).

O clima, conforme o sistema de classificação Köppen, é do tipo subtropical Cfa; caracterizado pela ocorrência de precipitações durante todos os meses do ano, sem grande diferença quantitativa entre o mês mais chuvoso e o mês mais seco (FELTRIN *et al.*, 2011).

A precipitação média anual varia de 1.700 a 1.800mm, com uma frequência de 113 dias de chuva no ano. A temperatura média anual situa-se em torno de 19,3°C, sendo a média das temperaturas máximas do mês mais quente (janeiro) de 31,5°C e do mês mais frio (julho) de 9,3°C.

A umidade relativa do ar média anual é de 82%, com ventos predominantes de leste e sudoeste, além dos ventos que sopram do quadrante norte (MORENO, 1961).

Precipitação incidente ou rainfall (P)

As informações pluviométricas foram obtidas através de uma estação climatológica instalada na bacia (coordenadas 29°37'46,38"S e 53°48'39,53"W). Essa estação registra temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção do vento, precipitação e radiação solar global.

Precipitação interna ou throughfall (Pi)

A precipitação interna foi medida por coletores instalados abaixo do dossel e distribuídos de tal forma a obter uma adequada representatividade espacial. O monitoramento de P_i foi realizado em uma parcela de 12m x 50m, sendo a vegetação caracterizada por mata nativa, com exemplares vegetais de porte e idade variados.

Os coletores de P_i foram confeccionados conforme metodologia proposta por Baumhardt *et al.* (2009), utilizando-se conexões comerciais de tubulações de esgoto. A Figura 2 mostra uma vista superior e lateral desses coletores. A vantagem desse sistema é a rápida montagem e fácil manutenção e limpeza, além de não apresentarem deformações significativas em decorrência de variações na temperatura (BAUMHARDT *et al.*, 2009).



Figura 2- Coletores utilizados para monitoramento de P_i a) vista superior e b) vista lateral

Esses coletores foram fixados em estacas de madeira por meio de abraçadeiras de *nylon*, sendo dispostos a uma altura de 40 e 60cm da superfície do solo. Essa altura permite abranger a influência de todos os galhos das árvores. Foram instaladas 101 estacas, espaçadas aproximadamente de 1m e, sempre que possível em linha reta, para disposição de 40 instrumentos. Desses aparelhos, 20 foram mantidos em posições fixas (denominada parcela fixa) e 20 foram rotacionados a cada nova coleta (denominada parcela móvel), ou seja, estes últimos puderam ocupar 81 pontos opcionais.

Os instrumentos foram, inicialmente, arranjados nas estacas de 1 a 40 e, após a primeira coleta os 20 aparelhos móveis foram redirecionados para outras posições. Nesse caso, a posição a ser ocupada foi definida mediante sorteio prévio, isso em virtude do grande número de possibilidade de disposição, da dimensão da área e da característica da vegetação (densa com exemplares de diferentes portes); fatores que dificultam a visualização das estacas no momento de realizar a transferência dos equipamentos de um ponto para outro.

Lloyd e Marques (1988) sugerem que a utilização aleatória de instrumentos rotacionáveis em áreas maiores (ex: 100m x 4m), com pontos de coleta espaçados de 1m, pode gerar melhores resultados médios de P_i em comparação com dados coletados em uma área menor (ex: 20m x 4m), usando mesmo espaçamento entre os pontos de amostragem. Além disso, o processo de rotação possibilitaria uma melhoria na precisão da determinação de P_i com emprego de menor número de aparelhos coletores enquanto que, para a posição fixa dos aparelhos seria preciso um elevado número de instrumentos para a obtenção de menores erros na determinação de P_i média.

A água coletada pelos instrumentos era armazenada em recipientes do tipo “pet” de dois litros, os quais no momento da coleta eram substituídos por outras garrafas vazias. Esses frascos foram pesados em balança de precisão e o valor foi, posteriormente, transformado em milímetros de chuva pela Equação 1:

$$CC_{P_i} = \frac{X}{\pi \cdot (R_{pluv})^2} \quad (1)$$

Onde: CC_{P_i} é a chuva coletada (L/m^2 ou mm); X é o volume de água coletada (L) e; R é o raio do coletor utilizado na coleta (m).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram analisadas 40 coletas de precipitação interna no período compreendido entre dezembro de 2009 e fevereiro de 2011. Para a área fixa, a média de P_i por ponto de monitoramento, considerando as 40 coletas realizadas, foi igual a 41,13mm com desvio padrão de 10,99mm, sendo a maior média verificada de 63,02mm (P13) e a menor igual a 25,15mm (P53). Já a média de P_i registrada por coleta foi igual a 42,45mm com desvio padrão médio de 43,01mm, sendo a máxima P_i registrada igual a 177,84mm (C4) e a mínima igual a 1,51mm (C3). O maior desvio padrão encontrado foi igual a 157,33mm para a coleta 40 e o menor foi de 0,82mm para a coleta 3.

Para a área móvel, a média da precipitação interna por estaca foi de 39,45mm com desvio padrão de 16,51mm, sendo a média máxima registrada de 98,94mm (P95) e a mínima de 15,51mm (P45). Essa média é inferior à encontrada para a análise da parcela fixa, enquanto que o desvio padrão é mais elevado. Já a média por coleta verificada foi igual a 36,73mm com desvio padrão de 34,80mm, sendo a maior precipitação interna média registrada igual a 131,01mm (C4) e a menor de 0,83mm (C1). Essa média é inferior àquela registrada para a parcela fixa, entretanto o desvio padrão encontrado é menor.

Essas diferenças nos níveis pluviométricos coletados por ponto monitorado e por coleta realizada e, também do desvio padrão registrado, podem ser explicadas pela diversidade pluviométrica de cada uma das coletas realizadas; isso tendo-se em consideração que a P_i é, diretamente, influenciada pela intensidade da precipitação e outras características climáticas como a velocidade e direção do vento e ainda, a evaporação. Dessa forma, um evento de baixa intensidade pluviométrica poderá gerar menor coleta de precipitação interna, em comparação com um de maior intensidade. Ou ainda, a presença de fortes rajadas de vento poderá comprometer a coleta, afastando as gotas que cheguem ao aparelho coletor. Soma-se a isso a ampla variabilidade da vegetação presente no local, e a existência de caminhos preferenciais e pontos de gotejamento, que condicionam a coleta de maiores níveis em alguns pontos em relação a outros, até mesmo superiores à precipitação incidente. Entre os fatores de influência na variabilidade da vegetação pode-se citar: a presença de galhos inclinados, copas abertas, vegetação esparsa, etc.

Há que se ponderar ainda, que para a parcela fixa todas as coletas foram consideradas em todas as estacas (pontos monitorados) enquanto que, na parcela móvel, o número de coletas para

cada estaca variou em função de sua utilização ou não na coleta considerada e, portanto, a interação entre característica pluviométrica e variabilidade espacial da vegetação era também variável em função dos pontos monitorados em cada coleta.

A precipitação interna total na parcela fixa foi igual a 1698,18mm (82,69% de P), com média de 71,63% de P e desvio padrão de 18,59% de P, maior valor de P_i registrado foi igual a 108,99% de P (superior a precipitação total incidente) para a coleta 40 e o menor valor de P_i foi igual a 30,32% de P para a coleta 1. Desconsiderando-se as coletas 5 e 40 em que P_i é maior que P, a maior precipitação interna determinada foi de 95,67% de P para a coleta 25.

Já na parcela móvel, a P_i total registrada foi igual a 1469,28mm (71,55% de P), com média de 64,01% de P e desvio padrão de 16,24% de P, maior valor de P_i igual a 87,18% de P (Coleta 30) e menor valor de P_i igual a 13,82% de P para a coleta 1.

A superioridade dos valores coletados na parcela fixa está relacionada, provavelmente, às características da vegetação e à presença de caminhos preferenciais ou, ainda, pela presença de pontos de gotejamento. Nesse caso, esses fatores, somados às particularidades pluviométricas de cada evento, teriam exercido influência sobre todas as coletas, já que os coletores ocupavam posições fixas dentro da parcela; aumentando, dessa forma, os valores de P_i coletados em comparação com aqueles monitorados na parcela móvel, já que nesta última, as características da vegetação variavam, em cada coleta, conforme o ponto sorteado para alocação do instrumento coletor.

A Figura 3 mostra o comportamento da precipitação interna em relação à precipitação total nas parcelas fixa e móvel.

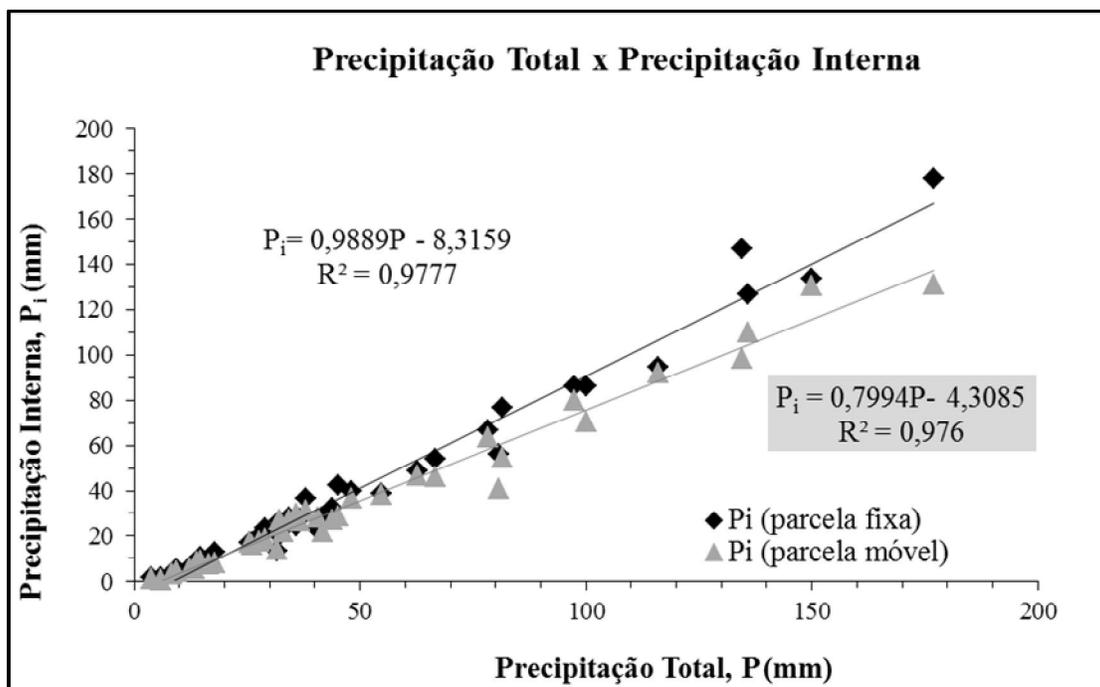


Figura 3- Relação entre precipitação interna e precipitação total incidente para parcelas fixa e móvel analisadas na bacia

É possível perceber que a tendência comportamental da precipitação interna em relação à precipitação incidente é do tipo linear crescente, ou seja, P_i é tanto maior quanto mais elevada for a precipitação incidente. Nesse caso, para a parcela fixa 97,77% da precipitação sob o dossel podem ser explicados pela precipitação total enquanto que para a parcela móvel esse índice é um pouco menor (97,60%). Entretanto, a correlação entre precipitação e precipitação interna é considerada forte para as duas parcelas.

Quando se compararam as P_i médias e os desvios padrões das coletas monitoradas entre as duas parcelas observou-se que, para 34 das 40 coletas realizadas (85% das coletas), as médias da precipitação interna foram maiores na parcela fixa e em 21 dos 40 monitoramentos efetuados (52,1% das coletas), o desvio padrão também foi maior para essa parcela. A diferença média entre as P_i monitoradas em cada coleta nas duas parcelas foi igual a 6,70mm, sendo a maior diferença registrada de 48,42mm para a coleta 40 (com maior P_i média registrada na parcela fixa) e a menor de 0,02mm observada na coleta 14 (com maior P_i registrada na parcela móvel). Já a diferença média entre os desvios padrões observados nas duas parcelas foi igual a 9,60mm, sendo a maior diferença observada de 119,58 mm para a coleta 40 (com maior desvio padrão registrado na parcela móvel) e a menor diferença entre os desvios foi igual a 0,08 mm para a coleta 24 (sendo o maior desvio registrado na parcela fixa).

Essa análise confirma a existência de uma significativa variabilidade espacial da vegetação presente na área analisada; revelando a importância da rotação dos instrumentos coletores a fim de assegurar a representatividade dos valores monitorados. De fato, as maiores médias presentes na parcela fixa mostram que, provavelmente, existiam pontos de caminho preferencial ou de grande intensidade foliar em alguns dos pontos monitorados.

Por outro lado, quando se analisaram o número de coletores utilizados e o número de coletores necessários para assegurar um erro de 5mm no valor de P_i coletado em cada ponto em relação à P_i média da coleta, com um intervalo de confiança de 90%, percebeu-se que para a área fixa, em 15 das 40 coletas realizadas (37,5% das coletas), o número de coletores utilizados foi insuficiente para garantir esses requisitos estatísticos enquanto que, para a parcela móvel, o número de coletores utilizados no monitoramento foi insuficiente em 17 coletas realizadas (42,5% das coletas). Esse resultado vem mais uma vez demonstrar que existem diferenças significativas nas características da vegetação de um ponto para outro, ressaltando a importância da rotação dos instrumentos, principalmente quando o número de coletores utilizados no monitoramento de P_i é pequeno, isso tendo-se em consideração a busca de uma maior representatividade dos resultados obtidos.

CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo demonstraram a existência de grande variabilidade espacial da vegetação na área monitorada, com existência de caminhos preferências e/ou pontos de gotejamento que condicionaram o escoamento da água coletada para determinados pontos de captação. Em geral os valores médios de P_i por coleta e o desvio padrão das coletas são maiores quando se mantêm fixos os instrumentos coletores, sendo que em 85% das coletas a P_i média foi maior para a parcela fixa e em 52,1% das coletas o maior desvio padrão também ocorreu para a situação em que os coletores estavam fixos. Isso ocorre em razão da interação entre a variabilidade espacial da vegetação e das características pluviométricas em cada coleta. Essas verificações enaltecem a importância do processo de rotação dos instrumentos coletores de P_i , a fim de assegurar a adequada representatividade dos valores monitorados.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Maria, em especial ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) pelos recursos fornecidos no desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

- BAUMHARDT, E.; MAZIERO, E.; SILVA, A. S. da.; ANTOLIN, A.T.; SÁ, Y. R. V.; ÁVILA, C. B. de.; CRUZ, J. C.; MULLER, I.; SILVA, J. C. M. da. (2009). Intensidade de amostragem de interceptômetros em microbacia florestada para validação dos valores de interceptação. In: *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, 2009.
- BONAN, G.B. (2002). *Ecological Climatology: Concepts and Applications*. 1st ed., Inglaterra: Ed. Cambridge University Press, 678 p.
- BRUIJNZEEL, L.A.S.; EUGSTER, W.; BURKARD, R. (2006). Fog as a Hydrologic Input. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. John Wiley & Sons. pp. 559-82.
- FELTRIN, R.M.; PAIVA, J.B.D. de; PAIVA, E.M.C. D. de; BELING, F.A. (2011). Lysimeter soil water balance evaluation for an experiment developed in the Southern Brazilian Atlantic Forest region. *Hydrological Processes*, v. 25, n. 15, pp. 2321-28.
- FELTRIN, R.M. (2009). *Comportamento das variáveis Hidrológicas do balanço hídrico do solo em lisímetros de drenagem*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 94 f, 2009.
- LLOYD, C. R. (1988). The temporal distribution of Amazonian rainfall and its implications for forest interception. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 116(496), pp. 1487-94.
- MORENO, J.A. (1961). *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. 42p.
- NEAL, C.; ROBSON, A.J.; BHARDWAJ, C.L.; CONWAY, T.; JEFFERY, H.A.; NEAL, M.; RYLAND, G.P.; SMITH, C.J.; WALLS, J. (1993) Relationships between precipitation, stemflow and throughfall for a lowland beech plantation, Black Wood, Hampshire, southern England. Findings on interception at a forest edge and the effects of storm damage. *Journal of Hydrology*, v. 146, pp. 221-233.
- TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. (1997). Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 2(1), pp.135-52.
- TUCCI, C. E. M. (2012). Interceptação. In: *Hidrologia: ciência e aplicação*. Organizado por Tucci, C.E.M., ABRH, ed. UFRGS, 4ª edição, 4ª Reimpressão, Porto Alegre - RS, pp. 243-52.