

AVALIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CULTURA DO CAFEIRO (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner)

Albert Einstein Spíndola Saraiva de Moura¹; Suzana Maria Gico Lima Montenegro²; Luiz Evandro de Lima³; Bernardo Barbosa da Silva⁴; Leidjane Maria Maciel de Oliveira⁵; Natiana de Oliveira Santos⁶; Paulo Henrique Lopes Bezerra⁷; Eduardo Cabral da Silva⁸

RESUMO – A perda por interceptação pode ser estimada pela diferença entre a precipitação total e a que efetivamente chega ao solo. A maior parte da precipitação que chega ao solo é oriunda da precipitação interna. O objetivo deste trabalho foi avaliar a precipitação interna na cultura do café Conilon, na estação experimental do IPA, localizado na bacia do Rio Tapacurá. As medidas foram realizadas com pluviômetros automático e artesanal, construídos com tubos de PVC de 15 cm de diâmetro. Foram instalados um pluviômetro automático e um artesanal para coletar a precipitação total e nove pluviômetros artesanais sob a vegetação, sendo três em cada planta. A precipitação interna média registrada durante o período de estudo foi de 218,2 mm, correspondendo à 65% da precipitação total. Observou-se alta correlação da precipitação interna com a precipitação total de cada evento ($R^2 = 0,9774$) e no acumulado ($R^2 = 0,9995$). Para as diferentes classes de chuva: [0 – 5 mm]; [5 – 15 mm] e > 15 mm, os valores de precipitação interna relativos à precipitação total foram de 61%, 64% e 66%, respectivamente.

ABSTRACT – The loss interception can be estimated by difference between gross rainfall and net precipitation. Most of the rainfall that it arrives in the soil is due the throughfall. The objective of this work was to available the throughfall at Conilon coffee culture in the IPA's experimental station, localized in Tapacurá river basin. To measure the gross rainfall, were utilized automatic and artesanal rain gauges, built with PVC tubes of diameter 15 cm. One automatic and one artesanal rain gauge were installed to measure the gross rainfall and nine artesanal rain gauges under the canopy, being three for plant. The main throughfall registered during period of the study was 218,2mm, corresponding to 65% of gross rainfall. It was observed high correlation between throughfall and gross rainfall in the event ($R^2 = 0.9774$) and cumulative ($R^2 = 0.9995$). For different rainfall classes: [0 – 5mm]; [5 – 15mm] e > 15mm, the relative throughfall values were respectively equal to 61%, 64 and 66%.

Palavras-chave: Café Conilon, Interceptação, Bacia do Tapacurá.

1)Doutorando em Eng Agrícola – UFRPE. Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n. Dois Irmãos, Recife-PE, (81) 2126.7216. e-mail: aessmoura@yahoo.com.br

2)Prof^a do Dept^o de Eng Civil – UFPE. Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife/PE. (81) 2126.8709. E-mail: Suzanam@ufpe.br

3) Pesquisador do Instituto Agrônômico de PE - IPA/Vitória de Santo Antão (coordenador), End Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley, Vitória de Santo Antão/PE. (81) 3526-8727. E-mail: luiz.evandro@ipa.br

4) Prof do Dept^o de Eng Civil - UFPE, Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife/PE. (81) 2126.7216. E-mail: bbdasilva.ufpe@gmail.com

5) Doutoranda em Eng. Civil – UFPE. Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife/PE. (81) 2126 – 7216. E-mail: leidjaneoliveira@hotmail.com

6) Estagiária do IPA/Vitória de Santo Antão. End Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley, Vitória de Santo Antão/PE. Nati.diana@hotmail.com

7) Bolsista PIBIC/FACEPE-CNPq/UFPE. Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife/PE. (81) 2126.7216. E-mail: pauloh360@gmail.com

8) Bolsista DTI/CNPq/UFPE. Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, CDU, Recife/PE. (81) 2126.7216. E-mail: edcs.cabral@gmail.com

INTRODUÇÃO

A ciência que trata da representação dos processos físicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica é a Hidrologia. Com base nos registros de variáveis hidrológicas envolvidas é possível entender melhor os fenômenos e procurar representá-los matematicamente (Tucci, 2009). Dentro da Hidrologia, um conceito muito importante é o do Ciclo Hidrológico, que é o processo de circulação contínua da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, onde nele atuam vários fenômenos (precipitação, infiltração, escoamento superficial, transpiração, evaporação).

A precipitação é toda a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre (neblina, chuva, granizo, neve), sendo diferenciado pelo estado em que a água se encontra (Tucci, 2009).

A evaporação, segundo Pereira et al. (1997), é o fenômeno pelo qual uma substância passa da fase líquida para a fase gasosa, e ela ocorre tanto numa massa contínua (mar, lago, rio, poça) como numa superfície úmida (planta, solo), sendo um fenômeno que exige suprimento de uma energia externa.

Em áreas vegetadas, o total de chuva que cai sobre a vegetação é subsequentemente distribuído, de forma que parte da chuva fica temporariamente retida na massa vegetal e retorna a atmosfera em forma de vapor e esse processo é chamado de perda por interceptação (Moura et al., 2009). Por outro lado, a chuva pode transpassar a vegetação e chegar ao solo. O total de chuva que chega ao solo é denominado de precipitação efetiva (Oliveira Junior e Dias, 2005).

A porção de precipitação efetiva pode ser proveniente de chuvas que alcançam o solo por diferentes caminhos: gotejamento das folhas e galhos, escoamento dos galhos e ramos ou pela parcela de chuva que chegou ao solo sem esbarrar na vegetação (precipitação livre). A soma da precipitação livre com a montante que goteja das folhas e galhos é chamada de precipitação interna (David et al., 2005).

A interceptação das chuvas é reconhecida como um processo hidrológico de considerável importância, não só na gestão dos recursos hídricos, mas também no contexto da mudança climática (Arnell, 2002). Ela ocorre em taxas superiores à transpiração e, por ser fortemente influenciada pelas condições da vegetação, é um item importante a ser considerado no gerenciamento da água, pois é um componente do balanço hídrico passível de manejo (Gênova et al., 2007).

O conhecimento da vegetação predominante na bacia e as consequências hidrológicas causadas pela variação na cobertura vegetal são essenciais no processo de quantificação da interceptação vegetal e no entendimento do comportamento hídrico dessa bacia (Vieira e Palmier, 2006).

A maior parte dos estudos relacionados à perda por interceptação é realizado em árvores de grande porte, em ambientes florestais (Rodrigues et al., 2009; Moura et al., 2009; Oliveira et al., 2008; Vieira & Palmier, 2006; Thomaz, 2005; Levia et al., 2010). Poucos são os estudos relacionados à vegetação de menor porte, como o realizado por van Dijk (2002), que estudou a perda por interceptação e modelagem nas culturas de macaxeira, milho e arroz.

Diante do exposto, este estudo tem como objetivo avaliar a precipitação interna na cultura do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) localizada na bacia hidrográfica do rio Tapacurá – Pernambuco, especificamente na Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo está localizada na Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley, da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Vitória de Santo Antão, Zona da Mata Sul do estado de Pernambuco, nas coordenadas geográficas 08° 08' 00" latitude sul; 35° 22' 00" longitude e altitude 146 m (Figura 1). O clima da região é o tropical com chuvas antecipadas de outono, tipo As', segundo a classificação de Köppen. A precipitação média anual é 1.025,0 mm que se concentra no período de março a julho (outono-inverno) com temperatura média anual de 25,4°C variando entre a mínima de 19,3°C e a máxima de 30,9°C (IPA, 2010).

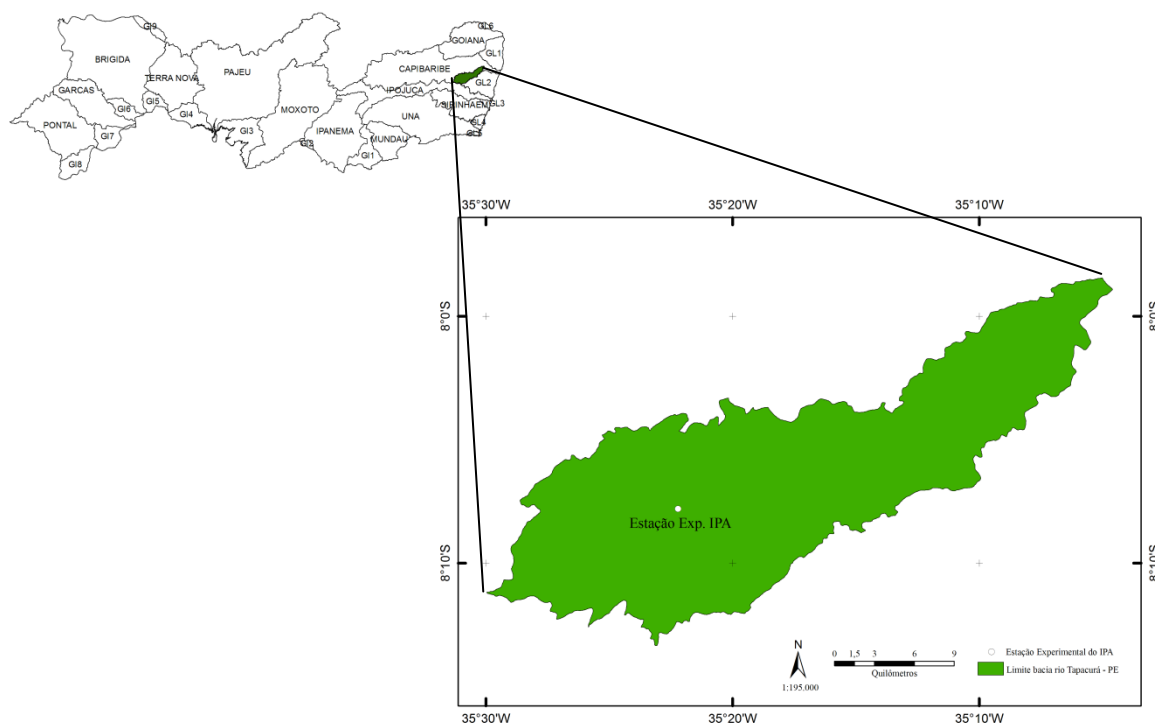


Figura 1 – Localização da Estação Experimental do IPA na bacia do rio Tapacurá - PE

Experimentação

A parcela experimental tem área de 7200 m², sendo subdividida em 4 subparcelas de 1800 m², com quatro diferentes variedades de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), totalizando 1660 plantas.

As coletas foram realizadas diariamente de julho a dezembro de 2011, exceto nos finais de semana, sendo utilizada proveta com graduação de 10 ml (0,57mm).

A precipitação total (PT) foi monitorada com dois tipos de pluviômetros. O primeiro automatizado e o segundo tipo artesanal, construído com garrafas PET, redução de PVC de 150 para 100 mm e funil plástico, conforme a Figura 2. Estes dois dispositivos foram instalados a 30 m da parcela experimental.



Figura 2 - Pluviômetros utilizados para monitoramento da precipitação.

Para quantificação da precipitação interna - PI, foram selecionadas três plantas de café Conilon, sob as quais foram instalados nove pluviômetros (interceptômetros), semelhantes aos utilizados para medir a precipitação total, sendo três em cada planta (Figura 3). A precipitação interna média de cada planta foi obtida pela média aritmética dos três interceptômetros correspondentes, e a precipitação média geral foi obtida pela média da precipitação interna das três plantas.



Figura 3 - Interceptômetros utilizados para quantificação da precipitação interna.

Para análise comparativa entre os dados dos pluviômetros automático e artesanal utilizou-se o Índice de Determinação (R^2). Já entre as médias das três plantas utilizou-se a análise da variância (ANOVA).

Para análise de erros utilizou-se o Erro Médio Absoluto - EMA (mm), Erro Médio Relativo - EMR (%) e a Raiz do Erro Quadrático Médio – REQM (mm), conforme Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$EMA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_{est} - X_{obs}| \quad (1)$$

$$EMR = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{est} - X_{obs}}{X_{obs}} \right| \quad (2)$$

$$REQM = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (X_{est} - X_{obs})^2}{N} \right)^{1/2} \quad (3)$$

em que X_{est} é o valor da PI estimado em função da PT; X_{obs} é o valor da PI observada e N é o número de eventos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de estudo, observou-se um total precipitado de 335,3 mm no pluviômetro automático e 334,4 mm no pluviômetro artesanal, em 26 coletas, sendo cada coleta proveniente de um ou mais eventos de chuva, uma vez que as leituras foram realizadas diariamente. O Erro Médio Absoluto encontrado entre os dois tipos de pluviômetros foi de 1,21 mm. Os dados de precipitação total obtidos com os dois tipos pluviômetros foram relacionados, e o resultado está apresentado na Figura 4.

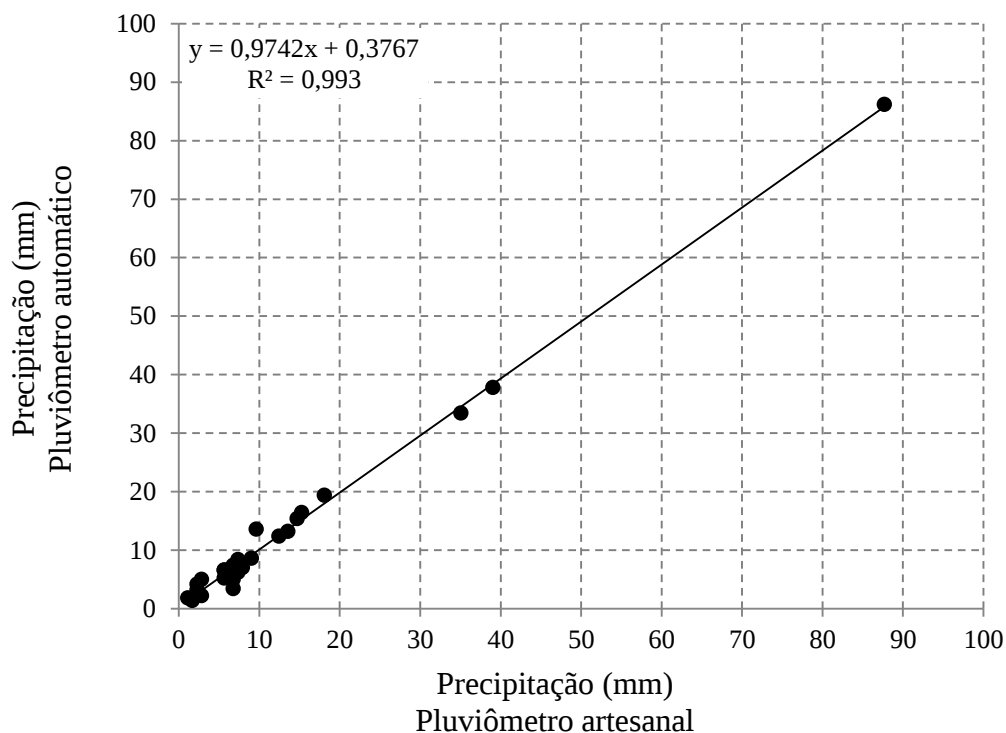


Figura 4 - Relação entre a precipitação obtida com o pluviômetro automático e o pluviômetro artesanal

A precipitação interna média foi corrigida usando-se a equação de regressão obtida da relação entre os dois tipos de pluviômetros, conforme Figura 4, citada anteriormente. Em cada planta, o valor médio da precipitação interna observado foi de 218,0; 169,1 e 267,6 mm, também corrigido pela equação linear.

Na Figura 5 é apresentada a evolução da PI acumulada nas três plantas e também a PI média.

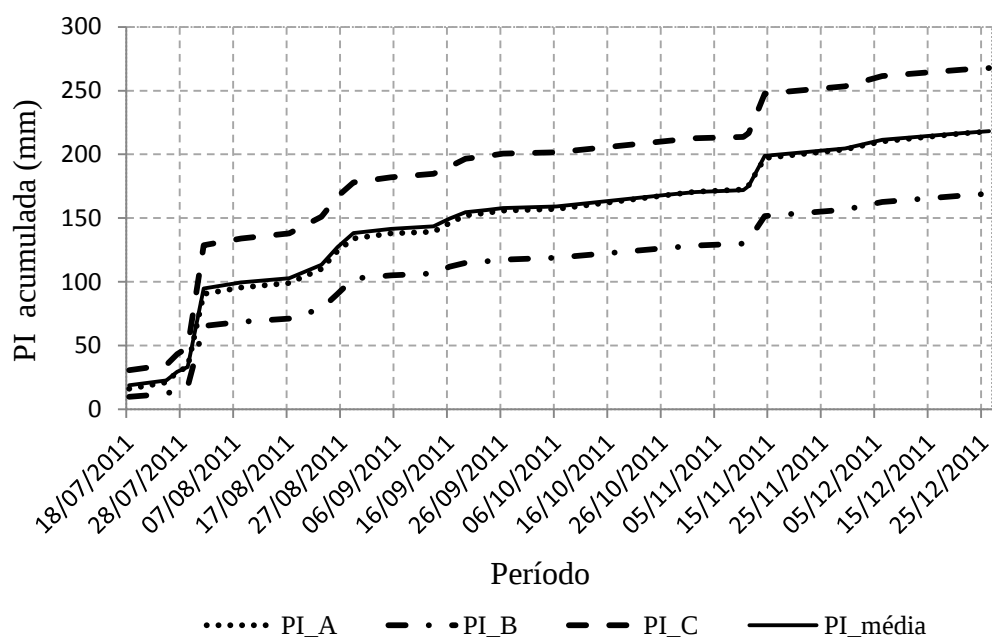


Figura 5 - Precipitação interna (PI) acumulada durante o período de estudo

Fez-se análise de variância (ANOVA) entre as médias das três plantas e obteve-se o resultado descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Análise de Variância da precipitação interna obtida nas três plantas

Fonte de variação	GL	SQ	SMQ	Fcalc	Fcrit (0,05)
Interceptômetro	2	186,6	93,3	0,589	3,119
Resíduo	75	11.884,3	158,5		
Total	77	12.070,9			

GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; SQM = soma dos quadrados médios; Fcalc = valor de F calculado e Fcrit = valor de F tabelado

Como Fcalc é menor que Fcrit, aceita-se a hipótese de que não existe diferença significativa entre as médias da PI das três plantas ao nível de significância de 0,05.

Observou-se que das 234 leituras individuais de PI, apenas 3% apresentaram valor maior que a PT. Esse percentual pode ser considerado muito pequeno se comparado com o percentual obtido nos estudos de Lloyd e Marques (1988), Germer et al. (2006) e Moura et al. (2009), que registraram 29%, 19% e 35%, respectivamente. Vale salientar que estes resultados foram obtidos em áreas com cobertura florestal, onde existem várias espécies vegetais, o que propicia uma maior desuniformidade da cobertura vegetal, favorecendo a ocorrência de caminhos preferenciais e,

consequentemente, o gotejamento mais intenso em um determinado ponto e menos intenso no outro.

A média da precipitação interna foi de 218,2 mm, o que correspondeu a 65% do total precipitado. Embora a perda por interceptação seja calculada pela diferença entre a PT e a PI em alguns estudos (Thomaz, 2005; Ferreira et al., 2005), por considerarem que o escoamento pelo tronco é um valor relativo pequeno, geralmente abaixo de 2% da PT. No cafeeiro Conilon, esse valor pode ser bem superior, uma vez que o cafeeiro é caracterizado como arbusto multicaule, porque possui diversas hastes verticais ou caules. Esses caules partem do solo unidos e vão se abrindo, se aproximando ao formato de um cone e ocupando grande espaço sob a copa. Além disso, a baixa rugosidade e a inclinação dos caules também favorece o escoamento. Os valores de PT e PI foram correlacionados e estão apresentados na Figura 6.

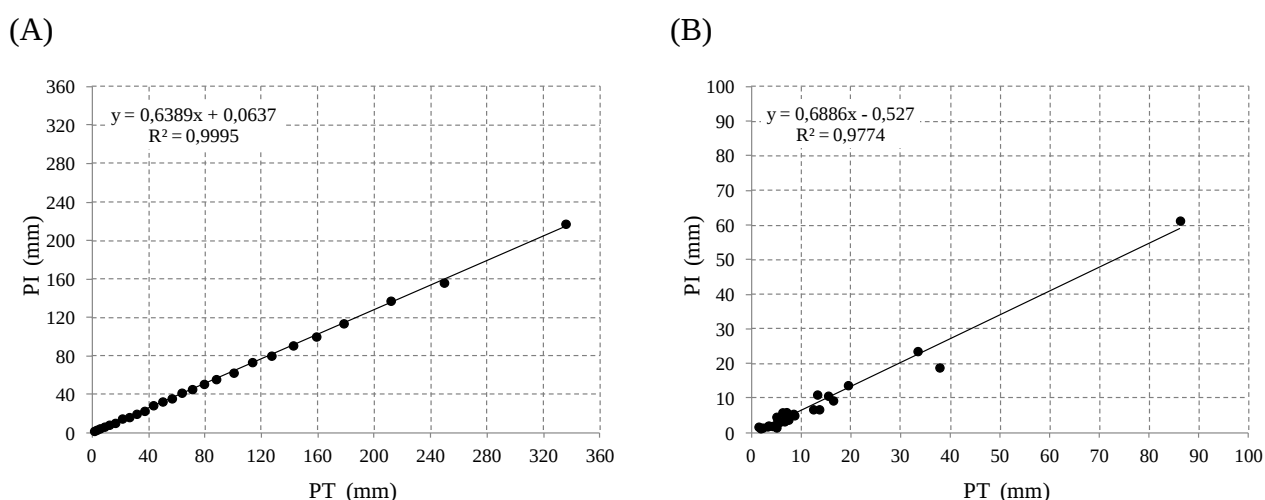


Figura 6 - Relação entre a PT e a PI. (A) – acumulado e (B) evento

Baseado na análise de regressão, aproximadamente, 98% dos dados de PI podem ser explicados pela PT. Outros autores encontraram alta correlação entre a PI e a PT (Arcova et al., 2003; Oliveira Jr. & Dias, 2005; Moura et al., 2009; Ferreira et al., 2005). Quando avaliado o valor acumulado, observa-se que, aproximadamente, 100% dos valores de PI puderam ser explicados pela PT.

Observou-se que em eventos de menores magnitudes a PI correspondeu a um menor valor relativo da PT. A Tabela 2 ilustra a variabilidade da PI em diferentes intervalos de classe de chuva.

Tabela 2. Precipitação interna (%) em diferentes classes de chuva

Classes de chuva (mm)	Freq	PT (mm)	PI (mm)	PI (%)
[0 – 5]	8	26,2	16,1	61
]5 – 15]	12	100,8	64,2	64
> 15	6	208,6	137,9	66

Observa-se que, com o aumento da altura da chuva, aumenta a PI relativa à PT. Isso se deve ao fato de que as chuvas de alta magnitude contribuem para um maior umedecimento da vegetação. Com a continuação da chuva, há uma maior turbulência nas folhas e ramos fazendo com que a chuva retida na vegetação seja movimentada e venha a cair, aumentando a PI. Além disso, quando a copa está saturada, a chuva, praticamente, não é retida, e isso contribui para o aumento da PI. Resultados semelhantes foram obtidos por Lima e Leopoldo (1999) e Moura et al. (2009) que também observaram aumento da PI relativa com o aumento da PT. Thomaz (2005), estudando a precipitação interna na vegetação de capoeira e floresta secundária, observou que, com o aumento da PT, a PI relativa aumentou para a floresta secundária e diminuiu para a vegetação de capoeira.

Aplicando-se o modelo linear obtido da relação entre a PT e a PI, encontram-se os erros apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Erros encontrados na comparação entre a PI e a PI ajustada pelo modelo linear.

Classes de chuva (mm)	EMA (mm)	EMR (mm)	REQM (%)
[0 – 5]	0,8	40	0,9
]5 – 15]	1,0	20	1,3
> 15	2,2	10	3,0
Todos	1,2	20	0,9

CONCLUSÕES

Para coletas realizadas diariamente, constituída de um ou mais eventos de chuva, conclui-se que: a) a precipitação interna apresentou alta correlação com a precipitação total; b) a precipitação interna correspondeu a 65% da precipitação total, quando avaliados todos os eventos conjuntamente; c) para as classes de chuva de [0 – 5],]5 – 15] e > 15mm, a precipitação interna correspondeu a 61, 64 e 66% da precipitação total, respectivamente.

RECOMENDAÇÕES

Apesar de alguns autores terem observado valor de escoamento pelo tronco muito baixo em relação ao da precipitação interna em outro tipo de vegetação, no Café Conilon esse valor pode ser bem mais elevado, devido a arquitetura vegetal dessa cultura. A quantificação da perda por interceptação, sem a inserção do escoamento pelo tronco, pode levar a erros significativos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da pesquisa pelo CT-HIDRO/FINEP (Projeto CISA – Cooperação Internacional do Semiárido e BEER - Estudos Hidrológicos e Sedimentológicos em Bacias Experimentais e Representativas do Semiárido e Serrado), à FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pela concessão de bolsa de doutorado, ao CNPq, por bolsas PQ, doutorado, ITI e PIBIC/UFPE, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UFRPE e ao IPA/Vitória de Santo Antônio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. (2003). Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha, São Paulo. *Revista Árvore*, v. 27, n. 2, pp. 257 - 262.
- ARNELL, N. (2002). *Hydrology and Global Environmental Change*. Pearson Education, Harlow. 346 p.
- DAVID, J., VALENTE, F., GASH, J. (2005). Evaporation of intercepted rainfall. In: Anderson, M. (Ed.), *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. John Wiley and Sons. Ltd., pp. 627 – 634.
- FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. (2005). Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Revista Acta Amazônica*, v.35, n.1, pp. 55 – 62.
- GÊNOVA, K. B. de; HONDA, E. A.; DURIGAN, G. (2007). Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de reestruturação de mata ciliar em região de cerrado. *Revista Inst. Flor.*, São Paulo, v.19, n.2, pp. 189 - 200.
- GERMER, S.; ELSENBEER, H.; MORAES, J. M. (2006). Throughfall and temporal trends of rainfall redistribution in an open tropical rainforest, south-western Amazonia (Rondônia, Brazil). *Hydrology and Earth System Sciences*, v.10, n.3, pp. 383 – 393.

- IPA - EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (2010). Introdução e Seleção de Clones e Variedades de Cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*) Pierre ex Froehner, na Zona da Mata de Pernambuco. Relatório de Pesquisa, Período: Abril/2006 a Maio/2010. Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, Serra Talhada, 14 p.
- LIMA, P. R. A.; LEOPOLDO, P. R. (1999). Interceptação de chuva por mata ciliar na região central do Estado de São Paulo. *Energia na Agricultura*, v.14, n.3, pp. 25 – 33.
- LEVIA, D.F.; VAN STAN II, J.T.; MAGE, S.M.; KELLEY-HAUSKE, P.W. (2010). Temporal variability of stemflow volume in a beech-yellow poplar forest in relation to tree species and size. *Journal of Hydrology*, v.380, pp. 112 – 120.
- LLOYD, C. R. e MARQUES, A. O. (1988). Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.42, pp. 63 - 73.
- MOURA, A. E. S. S.; CORREA, M. M.; SILVA, E. R.; FERREIRA, R. L. C.; FIGUEIREDO, A. C.; POSSAS, J. M.C. (2009). Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. *Revista Árvore*, v.33, n.3, pp. 461 - 469.
- OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F.; COSTA, A. C. L.; SOUSA, F. A. S.; BRAGA, A. P. (2008). Modelagem da interceptação na Floresta Nacional de Caxiuanã, no Leste da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 23, n. 3, PP. 318 - 326.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J.C. & DIAS, H.C.T. (2005). Precipitação efetiva em fragmento secundário da mata atlântica. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.1, pp. 9 - 15.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. (1997). *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 183 p.
- RODRIGUES, V. A. (2009). Redistribuição das chuvas pelas copas de um povoamento de seringueira, José Bonifácio, SP. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, v. 21, n. 1, pp. 19 – 26.
- THOMAZ, E. L. (2005). Avaliação de interceptação e precipitação interna em capoeira e floresta secundária em Guarapuava – PR. *R. Geografia*, v. 14, n. 1, pp. 47 - 60.
- TUCCI, C. E. (2009). *Hidrologia: Ciência e aplicação* (4ª edição). Porto Alegre UFRGS/ABRH.
- VAN DIJK, A. I. J. M. e BRUIJNZEEL, L.A. (2001). Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model. Part 1. Model description. *Journal of Hydrology*, v. 247, n 3, pp. 230 – 238.
- 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*, v. 11, n. 03, pp. 101 - 112.