

CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS E INTERCEPTAÇÃO VEGETAL NO BIOMA CAATINGA

JOSÉ BANDEIRA BRASIL¹; HELBA ARAÚJO DE QUEIROZ PALÁCIO²; JOSÉ RIBEIRO DE ARAÚJO NETO²; JACQUES CARVALHO RIBEIRO FILHO³ E EUNICE MAIA DE ANDRADE¹

¹ Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará-UFC, Campus do PICI, Bloco 804, Fortaleza-CE, Brasil. E-mail: josebbrasil@gmail.com; eandrade.ufc@gmail.com.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-IFCE, Campus Iguatu, rodovia Iguatu-Várzea Alegre, Km 05, s/n, Iguatu-CE, Brasil. E-mail: helbaraujo23@yahoo.com.br; juniorifcelabas@gmail.com.

³ Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA, Mossoró-RN, Brasil; jacquesfilho1@hotmail.com.

1 RESUMO

A dinâmica da interceptação vegetal depende principalmente das características das chuvas e estrutura do dossel das árvores. Objetivou-se com este estudo analisar o efeito das características das chuvas (classes de precipitação (CP) - $CP < 15$ mm, $15 \leq CP < 30$ mm, $30 \leq CP < 60$ mm e $CP \geq 60$ mm e classes de intensidade (CI) - $1,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 5 \text{ mm h}^{-1}$, $5,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 25 \text{ mm h}^{-1}$, $25,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 50 \text{ mm h}^{-1}$ e $CI \geq 50,1 \text{ mm h}^{-1}$) e as variações sazonais na interceptação em área de caatinga em regeneração. O experimento foi conduzido em uma microbacia experimental no município de Iguatu-Ceará, em seis anos consecutivos, de 2010 a 2015, totalizando 212 eventos. Foram monitorados a precipitação interna, escoamento pelos caules das árvores e perda por interceptação em uma área de 10 x 10 m. A precipitação total foi medida com o auxílio de um pluviômetro do tipo “*Ville de Paris*” instalado em área aberta. Constatou-se que não houve diferenças sazonais (período chuvoso - janeiro a junho e período seco - julho a dezembro) entre os percentuais médios de Precipitação interna (P_{int}), Escoamento pelo caule (Esc) e Perda por interceptação (I), em função das características das chuvas e da vegetação. Os resultados demonstram que as menores perdas relativas por interceptação foram observadas nas classes de precipitação > 60 mm e nos eventos mais intensos os percentuais médios de perda por interceptação são menores.

Palavras-chave: Classes de chuva, intensidades pluviométricas, variabilidade sazonal.

BRASIL, J. B.; PALÁCIO, H. A. de Q.; ARAÚJO NETO, J. R. de; RIBEIRO FILHO, J. C.; ANDRADE, E. M. de
RAINFALL CHARACTERISTICS AND VEGETATION INTERCEPTION IN THE CAATINGA BIOME

2 ABSTRACT

The mechanism of vegetation interception depends largely on the rainfall characteristics and canopy of the trees. The main objective of this study was to analyze the effects of the rainfall characteristics (precipitation classes (RC) - $RC < 15$ mm, $15 \text{ mm} \leq RC < 30$ mm, $30 \text{ mm} \leq RC$

Recebido em 30/01/2017 e aprovado para publicação em 21/09/2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n3p560-574>

< 60 mm and $RC \geq 60$ mm and intensity classes (IC) - $1,1 \text{ mm h}^{-1} \leq IC < 5 \text{ mm h}^{-1}$, $5,1 \text{ mm h}^{-1} \leq IC < 25 \text{ mm h}^{-1}$, $25,1 \text{ mm h}^{-1} \leq IC < 50 \text{ mm h}^{-1}$ and $IC \geq 50,1 \text{ mm h}^{-1}$) and the seasonal variations of the interception in an area with regenerating caatinga. The experiment was conducted on an experimental catchment in the municipality of Iguatu, Ceará, during six consecutive years, from 2010 to 2015, with a total of 212 events. Internal precipitation, tree trunk runoff and loss by interception in areas of 10 x 10 m were monitored. The total rainfall was measured with a “*Ville de Paris*” rain gage, installed in an open area. No seasonal changes were observed (wet season – January through June – and dry season – July through December) among the average percentages of internal precipitation (P_{int}), tree trunk runoff (E_{sc}) and loss by interception (I), due to the rainfall and vegetation characteristics. The results show that the smallest relative losses by interception were observed in the precipitation classes over 60 mm and, among the most intense events, the average loss percentages by interception are smaller.

Keywords: Rainfall classes, rainfall intensities, seasonal variability.

3 INTRODUÇÃO

A interceptação da chuva é um dos principais componentes do ciclo da água em ecossistemas florestais e vem sendo o tema central de vários estudos e avaliações em hidrologia florestal nas últimas décadas (BROWN et al., 2005; CHEN; LI, 2016; LLORENS; DOMINGO, 2007). Em ambientes florestais, as perdas por interceptação são compreendidas como a quantidade de água que temporariamente fica retida pela copa das árvores e, eventualmente, evaporada diretamente de volta para a atmosfera (CHEN; LI, 2016; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; ZHANG et al., 2015; ZHANG et al., 2016).

A parcela da chuva que retorna diretamente à atmosfera, pode representar um percentual significativo do total precipitado, sobretudo em regiões de clima quente (SAVENIJE, 2004). Essas perdas variam, em média, 12 a 36% da precipitação total, dependendo do tipo e estrutura da floresta e das condições climáticas (CHEN; LI, 2016; FAN et al., 2014; IZÍDIO et al., 2013; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013; MEDEIROS, 2005; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; OLIVEIRA et al., 2008; OYARZÚN et al., 2011; ZHANG et al., 2015; ZHANG et al., 2016). A precipitação incidente restante, atinge o solo, quer como precipitação interna ou escoamento pelo caule. A Precipitação interna atinge o solo diretamente através de clareiras existentes na superfície da vegetação e também pela saturação da cobertura vegetal através das gotas da chuva (CARLYLE-MOSES; LISHMAN; MCKEE, 2014; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; ZHANG et al., 2015). O escoamento pelo caule corresponde à água da chuva que, após saturar a copa das árvores, escoam pelos galhos e caules em direção ao solo (LORENZON; DIAS; LEITE, 2013; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012).

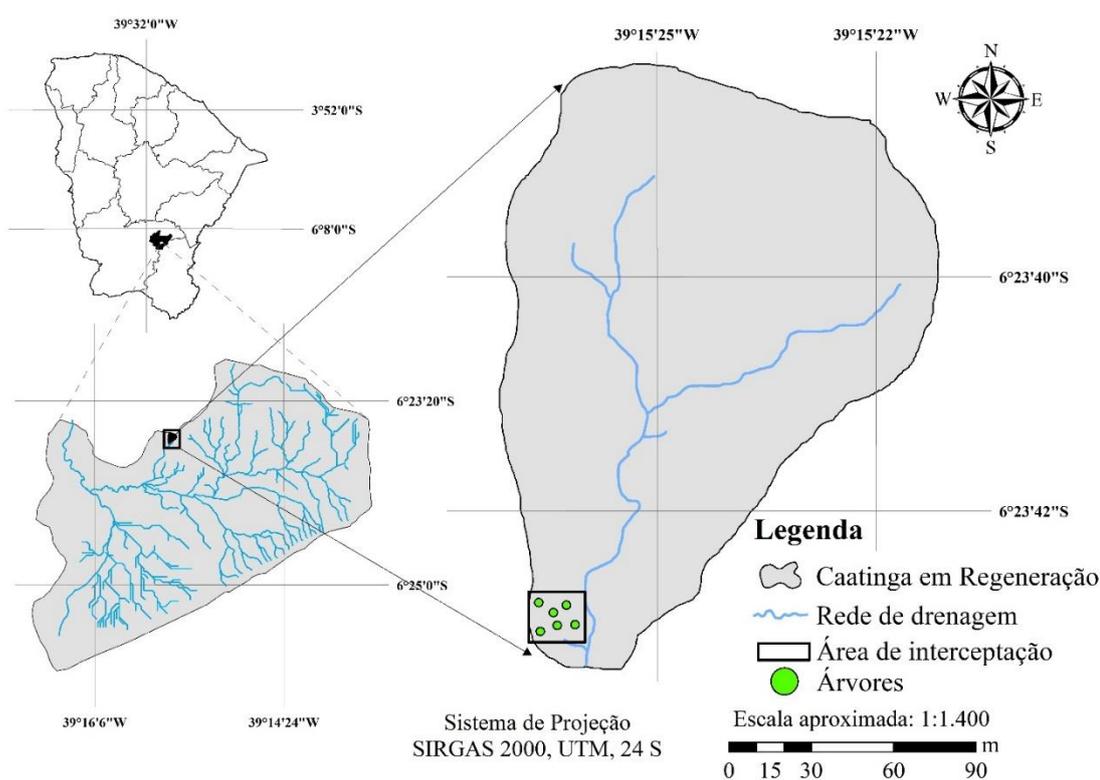
A dinâmica da interceptação depende principalmente das características das chuvas, estrutura do dossel, e variáveis climáticas que regem as taxas de evaporação durante e após eventos de chuva (MUŻYŁO et al., 2009). As características das chuvas, como a duração e intensidade têm sido muitas vezes usadas para interpretar medições de campo de perda por interceptação da chuva pelas plantas em regiões áridas e semiáridas (SADEGHI; ATTAROD; PYPKER, 2015; ZHANG et al., 2009). Recentemente, os pesquisadores perceberam que algumas características da chuva, como a diferença entre a intensidade máxima e mínima de um evento, podem fornecer explicações poderosas para a interceptação do dossel em regiões áridas e semiáridas (DUNKERLEY, 2010; DUNKERLEY, 2015).

Por esta razão, o presente trabalho teve por objetivo analisar o efeito das características das chuvas (classes de precipitação (CP) - $CP < 15$ mm, $15 \leq CP < 30$ mm, $30 \leq CP < 60$ mm e $CP \geq 60$ mm e classes de intensidade (CI) - $1,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 5 \text{ mm h}^{-1}$, $5,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 25 \text{ mm h}^{-1}$, $25,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 50 \text{ mm h}^{-1}$ e $CI \geq 50,1 \text{ mm h}^{-1}$) e as variações sazonais na interceptação em área de caatinga em regeneração.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no Semiárido cearense, na bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe no município de Iguatu, em área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), (Figura 1). Tem como vegetação predominante caatinga em regeneração há 38 anos. O clima da região é do tipo BS (semiárido quente), e o Índice de Aridez elaborado por Thornthwaite é de 0,44, classificando-se como semiárido. A evapotranspiração potencial média é de $1.988 \text{ mm ano}^{-1}$, e a precipitação média histórica no município de Iguatu é de 867,1 mm (média de 1912 a 2015). A distribuição temporal das chuvas apresenta uma concentração de 85% no período de janeiro-maio, dos quais cerca de 30% são registrados no mês de março.

Figura 1. Localização da área experimental no município de Iguatu-CE



O estudo foi conduzido no período de seis anos consecutivos, de 2010 a 2015, totalizando duzentos e doze (212) eventos. Foram monitorados a precipitação interna, escoamento pelos caules das árvores e perda por interceptação em uma área de 10 x 10 m. Para determinação da precipitação total de 24 horas utilizou-se um pluviômetro do tipo *Ville de Paris*

o qual foi situado em uma área adjacente a área experimental (Figura 2a), para não sofrer interferência da vegetação. A precipitação interna foi medida em 10 pluviômetros situados sob a vegetação a uma altura de 1,30 m, sendo os mesmos distribuídos de forma aleatória e trocados de lugar a cada duas semanas, conforme metodologia sugerida por Lloyd e Marques (1988). Em seguida foi determinada a média aritmética dos volumes coletados pelos dez pluviômetros (Figura 2b).

Figura 2. Pluviômetro a céu aberto para determinação da precipitação total (a), pluviômetros sob a vegetação para coleta da precipitação interna (b) e dispositivos de coleta de água que escoam ao longo dos galhos e caules das árvores (c)



No ambiente de estudo foram contabilizadas 164 árvores com circunferência variando de 11 a 82 cm. A medição das circunferências ocorreu na altura do peito, (DBH - diameter at breast height), 1,30 m do solo, como fizeram Crockford e Richardson (2000) para efeito de padronização. As árvores foram divididas em 6 classes conforme a circunferência apresentada (Tabela 1). Na área de estudo as espécies mais frequentes pertencem às famílias Fabaceae, com a maior riqueza florística, seguido da Euphorbiaceae e Combretaceae (PEREIRA JÚNIOR, 2016). Durante todo período de estudo foram utilizadas as mesmas árvores para monitorar o escoamento pelo caule. Na (Figura 1) observa-se as disposições das 6 árvores dentro da área de monitoramento. Verificou-se que há uma maior predominância de árvores com circunferência inferior a 20 cm (classes 1 e 2) e as classes 3, 4, 5 e 6 que tem circunferência superior a 20,1 cm apresentaram um total de apenas 8 árvores.

Tabela 1. Classes de circunferência das árvores contabilizadas no local de estudo

Classe	Circunferência (cm)	Indivíduos (und)	Perímetro médio (cm)	Perímetro amostra (cm)
1	0,0 – 11	127	6,5	7
2	11,1 – 20	29	15,55	16
3	20,1 – 26	3	23,05	25
4	26,1 – 31	1	28,55	27
5	31,1 – 50	3	40,55	34
6	50,1 – 82	1	65,05	82

A mensuração do escoamento pelo caule se deu em seis árvores, uma árvore representativa de cada classe (Tabela 1), nas quais foram construídos dispositivos que coletavam a água escoada pelo caule das árvores. Os mesmos foram confeccionados com calhas de zinco colocadas na envoltura dos caules, prendidas nas árvores com massa epóxi, e uma mangueira plástica que ligava o dispositivo a um recipiente coletor de água (Figura 2c).

Na determinação do escoamento pelos caules de todas as árvores para cada evento chuvoso, considerou-se que o escoamento determinado para a árvore amostrada foi igual para todas as árvores da mesma classe e calculou-se a soma dos produtos do escoamento da árvore representativa pela quantidade de árvores da classe (Equação 1).

$$Esc = \sum_{i=1}^n Ei \cdot qi \quad (01)$$

Em que:

Esc - escoamento pelos caules calculado para cada evento de chuva diário, mm;

n - número de classes de circunferência;

Ei - escoamento pelo caule da árvore representativa da classe i;

qi - quantidade de árvores da classe i.

As perdas por interceptação foram estimadas indiretamente pela diferença entre a precipitação total e a quantidade de água que atinge o solo, conforme metodologia proposta por Carlyle-Moses, Lishman e Mckee (2014), calculado na (Equação 2).

$$I = P - (P_{int} + Esc) \quad (02)$$

Em que:

I - Perda por interceptação, mm;

P - Precipitação total, mm;

P_{int} - precipitação interna medida sob a vegetação, mm;

Esc - escoamento pelos caules das árvores, mm.

Para análise estatística dos dados utilizou-se o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 16.0. As variáveis precipitação interna, escoamento pelo caule e perda por interceptação, tanto no período chuvoso como seco, foram submetidos à análise do teste t de Student a nível de 1% de significância. Já os dados de classes de precipitação (CP) e classes de intensidade (CI) foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de significância.

Para verificar a influência da altura pluviométrica nas perdas por interceptação vegetal, os eventos de chuva foram agrupados nas seguintes classes: $CP < 15$ mm, $15 \leq CP < 30$ mm, $30 \leq CP < 60$ mm e $CP \geq 60$ mm. Verificou-se também se a intensidade da chuva influenciava nas perdas por interceptação. Para explicar essa relação utilizou-se a metodologia proposta por Mariano, Rocha e Pinto (2012), baseado na Organização Meteorológica Mundial, na qual utilizaram as seguintes classes de intensidade de chuva: chuva fraca - $1,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 5 \text{ mm h}^{-1}$, chuva moderada - $5,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 25 \text{ mm h}^{-1}$, chuva forte - $25,1 \text{ mm h}^{-1} \leq CI < 50 \text{ mm h}^{-1}$ e chuva muito forte $CI \geq 50,1 \text{ mm h}^{-1}$. Os dados pluviométricos foram obtidos em uma estação automática, instalada na área de estudo, com aquisição de dados a cada 5 minutos. De posse dos dados de precipitação, foram calculadas as intensidades (I, em mm h^{-1}) de cada evento, além da máxima intensidade em trinta minutos ($I_{30\text{máx}}$, em mm h^{-1}). Posteriormente, os dados ($I_{30 \text{ mm h}^{-1}}$), de cada evento chuvoso, foram classificados de acordo com as classes de intensidades proposta por Mariano, Rocha e Pinto (2012).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação total (P) para os seis anos estudados foi de 4567,5 mm (Tabela 2), sendo 4005,4 mm correspondente a estação chuvosa e 562,1 mm na estação seca. Desses 3150,2 mm e 458,6 mm formaram a precipitação interna (P_{int}), os escoamentos pelos caules (Esc) foram de 170,5 mm e 12,6 mm e as perdas por interceptação (I) totalizaram 684,7 mm e 90,9 mm, para os períodos chuvoso e seco, respectivamente. Constatou-se através de análise estatística que não houve diferenças sazonais entre os percentuais de (P_{int}), (Esc) e (I) nas variáveis avaliadas durante o período de estudo. Não houve diferenças em função das características das chuvas e da vegetação. Apesar da estação chuvosa ser responsável pela maior quantidade de eventos, em relação à seca, quando se faz a média de todo o período, os valores tendem a ser próximos. Estes números não sugerem o real processo que ocorre, assim, a generalização do particionamento da precipitação entre os períodos poderia ser enganosa (MUZYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012).

Tabela 2. Valores sazonais em (mm e % em relação a precipitação total P) de precipitação interna (P_{int}), escoamento pelos caules (Esc) e interceptação (I)

Período	P		P_{int}		Esc		I	
	(mm)	(mm)	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%
2010-2015								
Chuvoso	4005,4	3150,2	78,0 a*		170,5	2,9 a	684,7	19,1 a
Seco	562,1	458,6	81,2 a		12,6	1,1 a	90,9	17,7 a
Média	-	-	79,6		-	2,0	-	18,4
Total	4567,5	3608,8	-		183,1	-	775,6	-

* Letras minúsculas iguais entre colunas não diferem estatisticamente através do Teste t de Student a 1% de significância

Como a P_{int} é uma variável dependente da precipitação total acima da vegetação, os períodos analisados não apresentaram diferença estatística ao nível de 1% de significância. No período chuvoso a P_{int} representou aproximadamente 78,0% da precipitação, e no seco representou 81,2%. Essa mesma proporção foi constatada no estudo de Chen e Li (2016), na qual a P_{int} para a estação chuvosa e seca representaram valores na ordem de 76,1% e 79,4% da precipitação sazonal, respectivamente. Outros pesquisadores encontraram comportamento

diferente, na qual a P_{int} da estação seca apresentou menor percentual em relação à época chuvosa (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003; OLIVEIRA et al., 2011). As variações observadas nesse estudo, foram causadas pela sazonalidade dentre os períodos avaliados, interferindo diretamente na senescência das folhas da vegetação. Outro fator que interfere neste comportamento é a ocorrência de precipitações isoladas durante o período seco, bastante comum na região.

Os percentuais médios de escoamento pelo caule não apresentaram diferença estatística ao nível de 1% de significância, e teve valores na ordem de 2,9% no período chuvoso e 1,1% no seco, representando uma pequena proporção da chuva. Apesar de representar essa pequena proporção, estudos desenvolvidos por Zhang et al. (2015), comprovam que, o Esc apesar de pequeno, é um ponto de entrada localizada de água para as camadas mais profundas do solo e essa água fica facilmente disponível para as raízes. Em estudo conduzido em Taiwan, Chen e Li (2016), encontraram escoamentos pelos caules na seguinte proporção; a estação chuvosa representou 12,5% da precipitação, enquanto a estação seca representou 8,8%. Os autores atribuíram essa menor proporção ao fato da cobertura do dossel ser reduzida na estação seca.

Observando os percentuais médios de I no período chuvoso e seco, foram registradas perdas de 19,1 e 17,7% respectivamente, não apresentando diferença estatística ao nível de 1% de significância (Tabela 2). Este comportamento nos níveis de interceptação é resultado, dentre outros fatores, das características distintas das chuvas locais que ocorrem nas duas épocas do ano. Durante a estação chuvosa, quando ocorrem 87,2% da precipitação anual, após a ocorrência das primeiras chuvas, a vegetação desenvolve suas folhas, resultando nessa maior proporção de chuva interceptada. Já na estação seca, existem menos eventos pluviométricos quando comparado com a chuvosa, apenas 12,8% da precipitação anual. Além desse fato a vegetação perde as folhas, deixando as árvores com menores espaços para interceptar e armazenar a água. Devido a essa constatação, a P_{int} apresenta maior percentual na época seca (81,2%) (Tabela 2).

As medições na microbacia experimental de Iguatu no período de estudo mostraram interceptação média de 18,4% da precipitação total. É possível avaliar as perdas registradas para caatinga fazendo o comparativo com outros estudos em regiões com características distintas (Tabela 3). Constata-se ainda que as interceptações obtidas na vegetação da caatinga se comparam a outras formas de vegetação em diferentes regiões e climas.

Tabela 3. Comparativo dos valores percentuais de precipitação interna (P_{int}), escoamento pelo caule (Esc) e perdas por interceptação (I), para estudos realizados em diferentes biomas

Vegetação	P_{int} (%)	Esc (%)	I (%)	Local	Referências
Caatinga em Regeneração	79,6	2,0	18,4	Brasil	Este Estudo
Caatinga Preservada	80,0	6,0	14,0	Brasil	Medeiros (2005)
Caatinga Preservada	76,5	5,9	17,9	Brasil	Izídio et al. (2013)
Mata Atlântica	84,4	0,7	14,9	Brasil	Lorenzon, Dias e Leite (2013)
Mata Atlântica	81,2	-	18,6	Brasil	Arcova, Cicco e Rocha (2003)
Floresta Atlântica	84,9	2,0	12,7	Brasil	Moura et al. (2009)
Floresta Tropical	76,8	1,7	21,5	Brasil	Oliveira et al. (2008)
Temperate Rainforest	64 – 89	0,3-3,4	11,0 - 36,0	Chile	Oyarzún et al. (2011)
Floresta Decídua	-	-	12,6-18,0	Espanha	Muzyło, Llorens e Domingo (2012)
Caragana Korshinskii	74,3	-	16,7	China	Zhang et al. (2015)
Floresta Subtropical	76,1 - 79,4	8,8 - 12,5	12,0	Taiwan	Chen e Li (2016)
Artemisia Ordosica	-	-	17,1	China	Zhang et al. (2016)
Floresta Nativa Banksia	83,2	0,4	16,4	Austrália	Fan et al. (2014)

Comparando os valores encontrados nesse estudo com outras regiões, nota-se que houve valores de interceptação na mesma magnitude; Arcova, Cicco e Rocha (2003) em mata atlântica no Brasil encontraram perdas de 18,6%; em estudos conduzidos fora do Brasil as interceptações situam-se na faixa de 12 a 36% (CHEN; LI, 2016; FAN et al., 2014; MUZYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; OYARZÚN et al., 2011; ZHANG et al., 2015; ZHANG et al., 2016). De forma geral, os diferentes estudos de interceptação mencionados na (Tabela 3) indicam perdas médias em torno de 16,5% da chuva nos diferentes locais estudados.

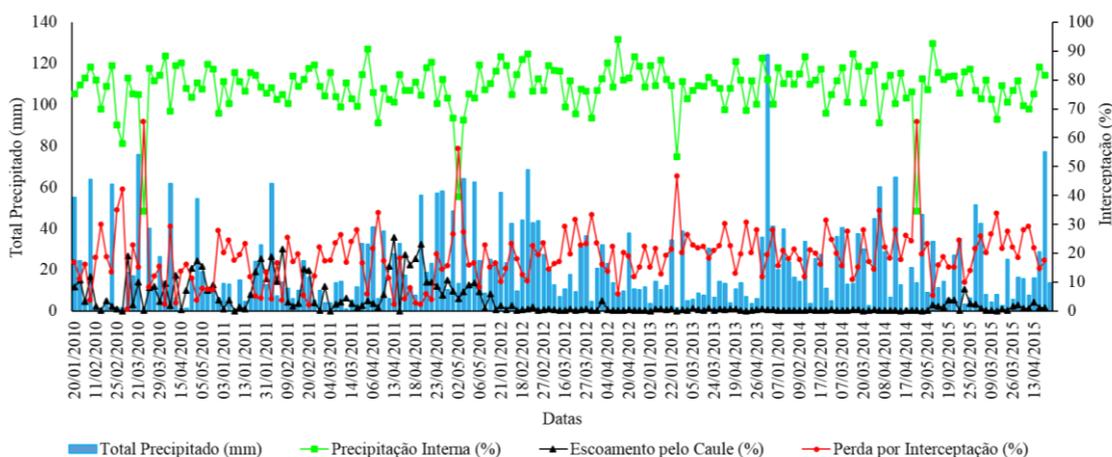
No ambiente da caatinga destaca-se os estudos realizados por Izídio et al. (2013) e Medeiros (2005) no Estado do Ceará. O primeiro autor, cujo estudo também realizado na Bacia Experimental de Iguatu, obteve interceptação de 17,9% para o ano de 2010, evidenciando a importância de um estudo contínuo. Os referidos autores encontraram diferenças sazonais entre os valores interceptados. Já o segundo autor identificou uma interceptação média de 14,0%. Embora a vegetação da área estudada seja caatinga, a composição da vegetação tem predominância de árvores e arbustos com folhas pequenas, as altas taxas de evaporação contribuem para as interceptações tão elevadas como aqueles para regiões com climas diferentes. Este tipo de comparação para a vegetação da caatinga é de fundamental importância, pois o tipo de cobertura vegetal encontrado nas diferentes fisionomias da vegetação, é uma das características que mais diferencia a medida da interceptação.

Revisões de literatura em ecossistemas florestais relatam que a precipitação interna representa o maior componente da entrada de precipitação na floresta (normalmente valores > 70% da precipitação total (IZÍDIO et al., 2013; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013;

MEDEIROS, 2005; MOURA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2008; ZHANG et al., 2015), enquanto o escoamento pelo caule geralmente representa valores < 5% da precipitação total (CARLYLE-MOSES; LISHMAN; MCKEE, 2014; FAN et al., 2014; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013; MOURA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2008; OYARZÚN et al., 2011). No entanto, algumas pesquisas descobriram Esc superior a 5% da precipitação total (CHEN; LI, 2016; IZÍDIO et al., 2013; MEDEIROS, 2005). Em muitos estudos, não foram feitas tentativas para medir o Esc, pois consideram esta entrada insignificante no processo da interceptação (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; SADEGHI; ATTAROD; PYPKER, 2015).

Estudando mais detalhadamente o comportamento da P_{int} , Esc e as I evento a evento, na estação chuvosa e seca, observa-se variação entre os percentuais médios de cada componente estudado. As quantidades de P_{int} em percentual foram distintas ao longo dos meses avaliados durante a estação chuvosa (Figura 3), onde o mínimo observado foi igual a 34,5%, no dia 24/03/2010. Esse menor percentual de P_{int} é em função da maior parte da chuva ser interceptada pela vegetação, pois a mesma foi de apenas 2,0 mm.

Figura 3. Precipitação total e percentuais de precipitação interna (P_{int}), escoamento pelo caule (Esc) e perda por interceptação (I), no período de 2010 - 2015 para a estação chuvosa



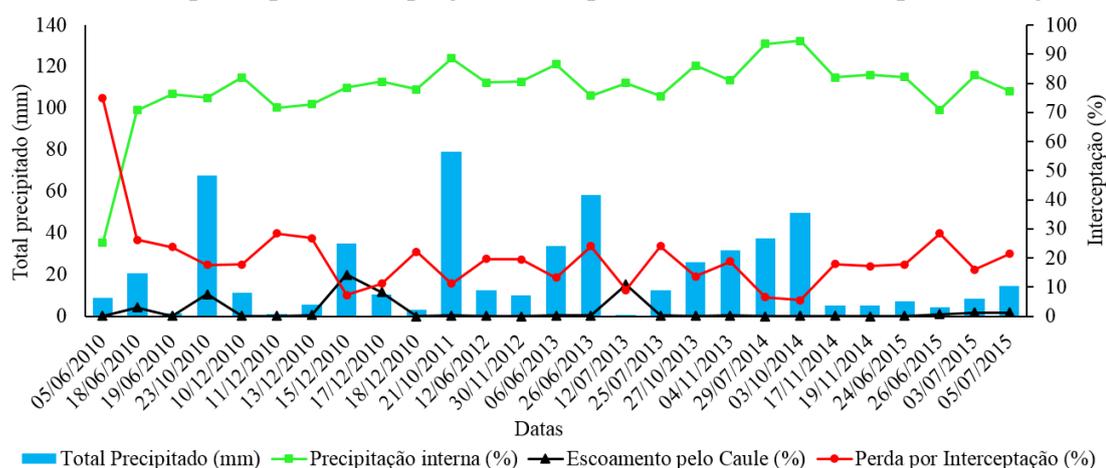
O maior valor de precipitação interna observado foi igual 94,0%, no dia 11/04/2012 com precipitação total de 6,97 mm, evidenciando um evento extremo. Essa alta percentagem de precipitação interna é em função das características do evento pluviométrico, apresentando alta intensidade. Com isso ocorreu a saturação da copa e grande quantidade da chuva chegou ao solo. Vale ressaltar que durante o período analisado a P_{int} manteve-se sempre na faixa de 70,0 a 90,0% da precipitação total. Em estudo desenvolvido por Arcova, Cicco e Rocha (2003) em florestas tropicais, a P_{int} correspondeu a valores que variaram de 75,0% a 96,0% da precipitação total.

Os valores contabilizados de Esc, apesar de pequenos, apresentaram valores distintos ao longo dos meses durante a estação chuvosa (Figura 3), a maior percentagem registrada foi igual a 25,5% no dia 13/04/2011, com precipitação total de 27,8 mm, representando um evento anormal para a área em estudo. Esse pico pode ser justificado pelo fato de ter ocorrido chuvas anteriores, além da vegetação já se encontrar com as folhas bem desenvolvidas por ser na estação chuvosa, e isso contribuiu para que houvesse umedecimento da vegetação e boa parte da chuva tenha batido nas folhas e ramos e escoado pelos caules. Entre os anos de 2010 a 2015 foram monitorados 185 eventos individuais de chuva durante a estação chuvosa e observa-se que para a maioria deles a interceptação foi mais elevada para os eventos de menor altura

pluviométrica. Esse comportamento demonstra a tendência de a interceptação ser inversamente proporcional à altura da chuva (Figura 3). Este mesmo comportamento foi verificado por Moura et al. (2009).

Durante a estação seca (Figura 4) foram contabilizados 27 eventos, sendo registrada a menor P_{int} no dia 05/06/2010 como 25,1% durante uma chuva de 8,9 mm. Essa menor proporção da P_{int} nesse período se deve ao fato de que a vegetação ainda estava com suas folhas bem desenvolvidas, na qual ocorreu um barramento da chuva pela vegetação, sendo grande parte perdida por interceptação. Fato comprovado pela I nesse período que foi 74,7%.

Figura 4. Precipitação total e percentuais de precipitação interna (P_{int}), escoamento pelo caule (Esc) e perda por interceptação (I), no período de 2010 - 2015 para a estação seca



O valor máximo registrado para a P_{int} ocorreu no mês de outubro de 2014, tendo registrado uma precipitação total de 49,7 mm, isso proporcionou uma P_{int} de 94,5%. Essa grande proporção de P_{int} é devido à grande altura pluviométrica registrada, associada à ausência de folhas na vegetação que estava totalmente seca neste período, tendo em vista que a queda das folhas na área ocorre no período junho a agosto (LOPES et al., 2009).

Vale ressaltar que durante a estação seca (Figura 4) o Esc foi muito pequeno na maioria das vezes, demonstrando o mesmo comportamento da estação chuvosa. O maior pico ocorreu no dia 15/12/2010 com uma precipitação de 34,8 mm na qual resultou num Esc de 14,2%. Como nesse período a vegetação estava totalmente seca e sem folhas a chuva teve seu fracionamento inicial nos galhos e logo em seguida veio a escoar pelo caule.

A interceptação na estação seca teve valor máximo no mês de junho de 2010 com perda de 74,7%, caracterizando um resultado extremo, para uma precipitação de 8,9 mm (Figura 4), período em que a vegetação ainda não perdeu a maior parte de suas folhas. Já o valor mínimo ocorreu no dia 03/10/2014, durante uma precipitação de 49,7 mm, a qual proporcionou interceptação de apenas 5,4%. Esse comportamento é devido às características da vegetação local, que perde suas folhas na época de seca em resposta à escassez de água (LOPES et al., 2009).

Quando se avalia mais detalhadamente a interferência das alturas pluviométricas nos níveis de interceptação, observa-se que as menores perdas ocorreram nas classes de precipitações de maiores magnitudes (Tabela 4). Em chuvas de alta magnitude o dossel vegetal excede a sua capacidade de armazenamento e logo satura, resultando em menores perdas, como verificado por Calder (1996) e Zhang et al. (2015).

Tabela 4. Classe de precipitação, número de eventos, precipitação interna (P_{int}), escoamento pelo caule (Esc) e interceptação (I) para os anos de 2010 - 2015

Classes (mm)	Nº eventos	P		P_{int}		Esc		I				
		(mm)		(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%			
< 15	115	905,0		700,8	77,3	a*	24,4	1,2	a	180,1	21,5	b
15 – 30	39	858,8		678,3	78,3	a	45,7	2,6	b	134,8	19,1	ab
30 – 60	44	1811,0		1428,2	79,5	a	66,3	2,6	b	316,5	17,9	ab
> 60	14	992,7		801,6	83,3	a	46,8	1,6	ab	144,4	15,1	a

* Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de significância

Esta constatação indica que a capacidade de interceptação da vegetação da caatinga tendeu a decrescer com o aumento das alturas pluviométricas. Deste modo, a P_{int} aumentou em 6,0% entre a primeira e a última classe de chuva. Entretanto, a tendência geral de decréscimo da interceptação permaneceu. Essa diferença nos níveis de interceptação pode ser comprovada pela análise estatística na qual a primeira classe diferiu estatisticamente, ao nível de 5% de significância, da última classe. Os resultados obtidos na área de estudo são condizentes aos já observados na literatura (MOURA et al., 2009; THOMAZ; ANTONELI, 2015).

Em eventos de menores magnitudes, a P_{int} correspondeu a uma menor porção da precipitação total (Tabela 4). Com o aumento da altura de chuva, aumenta a proporção de P_{int} . De acordo com a análise estatística a 5% de significância constatou-se que mesmo havendo aumento na P_{int} as classes de chuva não apresentaram diferença. Conforme aumente a intensidade pluviométrica, mais rápido será a saturação da vegetação. Moura et al. (2009) também observaram que o percentual de P_{int} aumenta com aumento da precipitação total.

Já os valores de Esc foram baixos para todas as classes analisadas. Os maiores percentuais médios foram observados nas classes entre 15 a 30 mm e 30 a 60 mm, com 2,6% de toda a chuva para cada classe, diferindo estatisticamente ao nível de 5% de significância em relação as demais classes. Mesmo que os valores de Esc representem um pequeno percentual do balanço, é um dos componentes mais importantes da distribuição localizada da precipitação ao redor do tronco (MOURA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011).

Outro fator que interfere na interceptação é a intensidade da chuva, sendo as maiores perdas registradas para eventos de baixa intensidade, classificados como chuva fraca (1,1 - 5 mm h⁻¹) (Tabela 5).

Tabela 5. Critérios para divisão da chuva em diferentes classes de intensidade (I30 mm h⁻¹) e suas relações com a precipitação interna (P_{int}), escoamento pelo caule (Esc) e perdas por interceptação (I)

Critérios (mm h ⁻¹)	P_{int}			Esc		I			
	(mm)	%		(mm)	%	(mm)	%		
Chuva fraca (1,1 - 5)	197,3	76,5	a*	1,6	1,0	a	54,9	22,5	a
Chuva moderada (5,1 - 25)	808,4	77,6	a	39,3	2,8	ab	195,3	19,6	a
Chuva forte (25,1 - 50)	1087,9	79,4	a	60,5	3,9	ab	219,9	16,7	a
Chuva muito forte (> 50)	833,9	81,0	a	69,5	4,0	b	147,4	15,0	a

* Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de significância

A primeira classe de precipitação foi responsável pela maior interceptação do período, com 22,5%. Em contrapartida na última classe foi registrada uma perda de 15,0%. Apesar de haver essa relação de decréscimo em função da altura pluviométrica as classes de interceptação não apresentaram diferença estatística ao nível de 5% de significância. Calder (1996) sugere que a maior intensidade de chuvas gera um impacto mais forte sobre a vegetação, reduzindo ao máximo o armazenamento no dossel e reduzindo a interceptação.

A influência das características das chuvas não se reflete necessariamente no mesmo grau em todos os fluxos do dossel. A precipitação interna pode ser menos afetada pela intensidade da chuva que o escoamento pelo caule (Tabela 5), sendo comprovada pela análise estatística. Esse comportamento é em decorrência das características das chuvas, que com o aumento da intensidade, o dossel vegetal excede a sua capacidade armazenamento e logo satura, gerando assim mais gotejamento (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000).

6 CONCLUSÕES

Não houve diferenças sazonais entre os percentuais de precipitação interna, escoamento pelo caule e interceptação avaliados durante o período de estudo;

As perdas médias por interceptação durante o período de estudo para a caatinga foram da ordem de 18,4%;

As menores perdas por interceptação foram nas classes de precipitações > que 60 mm;

Quanto maior a intensidade da chuva, menor serão os percentuais médios de perda por interceptação.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro pelas bolsas de produtividade e de iniciação científica.

8 REFERÊNCIAS

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

BROWN, A. E.; ZHANG, L.; MCMAHON, T. A.; WESTERN, A. W.; VERTESSY, R. A. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 310, n. 1, p. 28-61, 2005.

CALDER, I. R. Dependence of rainfall interception on drop size: 1. Development of the two-layer stochastic model. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 185, n. 1, p. 363-378, 1996.

CARLYLE-MOSES, D. E.; LISHMAN, C. E.; MCKEE, A. J. A preliminary evaluation of throughfall sampling techniques in a mature coniferous forest. **Journal of Forestry Research**, New York, v. 25, n. 2, p. 407-413, 2014.

CHEN, Y. Y.; LI, M. H. Quantifying Rainfall Interception Loss of a Subtropical Broadleaved Forest in Central Taiwan. **Water**, Haidian, v. 8, n. 1, p. 14, 2016.

CROCKFORD, R. H.; RICHARDSON, D. P. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. **Hydrological Processes**, Malden, v. 14, n. 16-17, p. 2903-2920, 2000.

DUNKERLEY, D. L. How do the rain rates of sub-event intervals such as the maximum 5 - and 15 - min rates (I5 or I30) relate to the properties of the enclosing rainfall event? **Hydrological processes**, Malden, v. 24, n. 17, p. 2425-2439, 2010.

DUNKERLEY, D. Intra-event intermittency of rainfall: an analysis of the metrics of rain and no-rain periods. **Hydrological Processes**, Malden, v. 29, n. 15, p. 3294-3305, 2015.

FAN, J.; OESTERGAARD, K. T.; GUYOT, A.; LOCKINGTON, D. A. Measuring and modeling rainfall interception losses by a native *Banksia* woodland and an exotic pine plantation in subtropical coastal Australia. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 515, p. 156-165, 2014.

IZÍDIO, N. S. C.; PALACIO, H. A. Q.; ADRADE, E. M.; ARAUJO NETO, J. R.; BATISTA, A. A. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 44-52, 2013.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; LOBATO, F. A. O.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 72-79, 2009.

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; LEITE, H. G. Precipitação efetiva e interceptação da chuva em um fragmento florestal com diferentes estágios de regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 619-627, 2013.

LLORENS, P.; DOMINGO, F. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 335, n. 1, p. 37-54, 2007.

LLOYD, C. R.; MARQUES, A. O. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 63-73, 1988.

MARIANO, Z. F.; ROCHA, J. R. R.; PINTO, A. P. Intensidade das chuvas na bacia do córrego Jataí-GO. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 1, p. 1050-1059, 2012.

MEDEIROS, P. H. A. **Medida e modelagem da interceptação em uma bacia experimental do semiárido**. 2005. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MOURA, A. E. S.; CORREA, M. M.; SILVA, E. R.; FERREIRA, R. L. C.; FIGUEIREDO, A. C.; POSSAS, J. M. C. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da mata atlântica na bacia do prata, Recife-PE. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, p. 461-469, 2009.

MUZYŁO, A.; LLORENS, P.; VALENTE, F.; KEIZER, J. J.; DOMINGO, F.; GASH, J. H. C. A review of rainfall interception modelling. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 370, n. 1, p. 191-206, 2009.

MUZYŁO, A.; LLORENS, P.; DOMINGO, F. Rainfall partitioning in a deciduous forest plot in leafed and leafless periods. **Ecohydrology**, Medford, v. 5, n. 6, p. 759-767, 2012.

OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F.; SOUSA, F. A. S.; COSTA, A. C. L.; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008.

OLIVEIRA, L. L.; CUNHA, A. C.; COSTA, A. C. L.; COSTA, R. F. Sazonalidade e interceptação da chuva na Floresta Nacional em Caxiuanã–Amazônia Oriental. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 7, n. 10, p. 1-14, 2011.

OYARZÚN, C. E.; GODOY, R.; STAELENS, J.; DONOSO, P. J.; VERHOEST, N. E. Seasonal and annual throughfall and stemflow in Andean temperate rainforests. **Hydrological Processes**, Malden, v. 25, n. 4, p. 623-633, 2011.

PEREIRA JÚNIOR, L. R. **Estrutura e estoque de carbono em vegetação de Caatinga: estudo de caso em uma área com 30 anos de regeneração**. 2016. 84 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SADEGHI, S. M. M.; ATTAROD, P.; PYPKER, T. G. Differences in rainfall interception during the growing and non-growing seasons in a *Fraxinus rotundifolia* Mill. Plantation located in a semiarid climate. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tehran, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2015.

SAVENIJE, H. H. The importance of interception and why we should delete the term evapotranspiration from our vocabulary. **Hydrological Processes**, Malden, v. 18, n. 8, p. 1507-1511, 2004.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. Rain interception in a secondary fragment of araucaria forest with Faxinal, Guarapuava-PR. **Revista Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 363-369, 2015.

ZHANG, Z.; LI, X.; DONG, X.; JIA, X.; HE, M.; TAN, H. Rainfall interception by sand-stabilizing shrubs related to crown structure. **Sciences in Cold and Arid Regions**, Lanzhou, v. 1, n. 2, p. 107-119, 2009.

ZHANG, Y. F.; WANG, X. P.; HU, R.; PAN, Y. X.; PARADELOC, M. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow and interception loss by two xerophytic shrubs within a rain-fed re-vegetated desert ecosystem, northwestern China. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 527, p. 1084-1095, 2015.

ZHANG, Z. S.; ZHAO, Y.; LI, X. R.; HUANG, L.; TAN, H. J. Gross rainfall amount and maximum rainfall intensity in 60-minute influence on interception loss of shrubs: a 10-year observation in the Tengger Desert. **Scientific Reports**, Londres, v. 6, n. 26030, p. 1-10, 2016.