



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIENCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JOSÉ BANDEIRA BRASIL

**CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS NA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA
INTERCEPTAÇÃO VEGETAL EM REGIÃO SEMIÁRIDA**

FORTALEZA

2018

JOSÉ BANDEIRA BRASIL

CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS NA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA
INTERCEPTAÇÃO VEGETAL EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciência Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

Orientadora: Prof^a. Ph.D. Eunice Maia de Andrade.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B83c Brasil, José Bandeira.
 Características das chuvas na distribuição temporal da interceptação vegetal em região semiárida / José Bandeira Brasil. – 2018.
 88 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.
 Orientação: Profa. Dra. Eunice Maia de Andrade.
 Coorientação: Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros .
1. Hidrologia florestal. 2. Precipitação sob a vegetação. 3. Variabilidade temporal. 4. Floresta tropical sazonalmente seca. I. Título.

CDD 630

JOSÉ BANDEIRA BRASIL

CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS NA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA
INTERCEPTAÇÃO VEGETAL EM REGIÃO SEMIÁRIDA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciência Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

Aprovada em: 15/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Ph.D. Eunice Maia de Andrade (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros (Coorientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (Campus Maracanaú)

Prof. Dr. Julio Cesar Neves dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (Campus
Uberlândia)

Agradeço a **Deus** pelo que conquistei até agora, mas peço a Ele para me dar sabedoria para conquistar muito mais. Aos meus pais, José Teixeira Brasil e Maria Marleide Bandeira Brasil pela confiança deposita em mim e por acreditarem no meu potencial. Aos meus irmãos Jocian Bandeira Brasil, Jocivânia Bandeira Brasil e Jocivan Bandeira Brasil por sempre me apoiarem nessa trajetória. Obrigado a minha família, aos meus amigos e a todos que me ajudaram nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me capacitado e mostrado o caminho que deveria seguir. Agradeço aos meus pais que são a base de toda a minha vida, que me abençoa e me aconselha sempre a seguir o caminho certo. Agradeço por seu carinho e por se preocupar tanto comigo. Agradeço também a minha família de maneira geral por estarem sempre presentes na minha vida, por me ajudarem no que eu precisar.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Agrícola pela convivência durante esses dois anos do mestrado. Agradecer aos professores desta instituição, em especial: Eunice Andrade, Pedro Medeiros, Alexandre Costa, José Carlos, George Mamede e Fernando Lopes.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu, pela realização da pesquisa de campo. Aos membros do grupo de pesquisa da professora Helba Palácio, em especial, José Ribeiro (Júnior), Jacques Filho, Paulilo Palácio, Rafael Rodrigues, Francisco Emanuel, Júlio César, Matheus Moura, Makeison Moreira, Geovane Barbosa, Jhonson Batista, Daniel e Diego que contribuíram com a instalação e coleta dos dados.

À minha orientadora professora Dra. Eunice Maia de Andrade, por ter acreditado no meu potencial para realizar este trabalho e pela sua competência, ensinamentos, excelente orientação, confiança e amizade.

Ao coorientador deste trabalho professor Dr. Pedro Henrique Augusto Medeiros, pela ajuda na organização das informações, pelas grandes dicas e excelente orientação.

A professora, Dra. Helba Araújo de Queiroz Palácio, pelo incentivo, ensinamentos, amizade e ter me recebido muito bem durante a realização do experimento, demonstrando total confiança em todo o período em que convivemos nesse trabalho de pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo durante esses dois anos.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Massa (Manejo de Água e Solo no Semiárido) pelo excelente convívio nesses dois anos do mestrado: Eunice Andrade, Fernando Lopes, Wilner, Gilberto, Fredson, Diego, Fernanda, Janaina, Emanuel, Givanilson.

Aos colegas e amigos (a) das turmas de Mestrado e Doutorado em Engenharia Agrícola: Eldir Bandeira, Wilner, Gilberto, Fredson, Pedro Alencar, Fernanda, Janaina, Paulilo, Thayslan, Kleber Macêdo. O meu muito obrigado.

Agradeço aos meus amigos particulares que fizeram parte dessa trajetória indiretamente, porém não com menos mérito.

A todos, que de alguma forma contribuíram para minha formação, desde a infância até os dias de hoje. Deixo o meu muito OBRIGADO!

RESUMO

Em regiões com escassez de água, as perdas por interceptação e as características da precipitação interna desempenham funções importantes nos processos ec hidrológicos nos solos florestais. Nesse sentido, o presente estudo objetivou compreender os processos de interceptação vegetal da chuva e a sua distribuição temporal, em uma área com floresta tropical sazonal seca no semiárido brasileiro, em função das características das chuvas. A pesquisa foi realizada em uma microbacia experimental no município de Iguatu, Ceará, com vegetação predominante Floresta Tropical Sazonal Seca (FTSS) - Caatinga arbóreo-arbustiva, em regeneração há 39 anos. Durante o período de 2010 a 2016, foram monitoradas a precipitação interna, o escoamento pelos troncos das árvores e perda por interceptação em uma área de 10 x 10 m², com registro de 185 eventos. Para o entendimento das características da precipitação externa e precipitação interna utilizou-se um pluviógrafo automático de cuba basculante. Para investigar a distribuição temporal da precipitação interna, os dados foram coletados durante a estação chuvosa (janeiro a abril) de 2017, totalizando 30 eventos naturais de precipitação pluviométrica. As características das chuvas foram investigadas por meio da Análise da Componente Principal (ACP) e Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH) na definição de possíveis grupos similares quanto a interceptação e as variáveis pluviométricas determinantes da mesma, originando três classes de eventos pluviométricos distintos. A aplicação da ACP formou duas componentes explicando 86,6% dos dados, sendo uma componente formada pelas intensidades máximas e a outra pela duração da chuva e intensidade média. Mesmo a intensidade média da chuva apresentando baixa correlação com todas as variáveis, a mesma pode ser utilizada nos estudos de perda por interceptação vegetal, em função da mesma ser mais simples de determinar do que a intensidade máxima da chuva em 30 minutos (I30). Maiores perdas por interceptação foram para classe de chuva I, caracterizando eventos de baixa altura pluviométrica, baixa (I30) e baixa ocorrência de eventos. Ocorreu um decréscimo de 17 pontos percentuais na perda por interceptação vegetal entre a primeira e última classe de chuva, devido ao aumento da altura pluviométrica e (I30). A vegetação promove uma redução no total da precipitação que chega efetivamente ao solo, gerando um aumento no tempo de duração da chuva, e menores intensidades máximas, expressando a importância da cobertura vegetal no controle dos processos de geração de escoamento e erosão hídrica. Para cada evento chuvoso ocorre um atraso temporal na precipitação interna, de modo que para precipitações pluviométricas $\leq 0,8$ mm nos 5 minutos iniciais da chuva, nenhum evento foi capaz de gerar precipitação interna; enquanto que, para os eventos com 20 minutos de duração, todos registraram precipitação interna. Embora o total precipitado seja a característica dominante, outros fatores interferem na variabilidade temporal da precipitação interna, existindo a necessidade de estudos mais detalhados em uma menor escala de tempo. Este estudo mostrou que as características das chuvas investigadas fornecem explicações importantes para compreensão do processo de perda por interceptação e de distribuição temporal da precipitação interna.

Palavras-chave: Hidrologia florestal. Precipitação sob a vegetação. Variabilidade temporal. Floresta tropical sazonalmente seca.

ABSTRACT

In regions of water shortage, losses from interception and the characteristics of throughfall play an important role in the ecohydrological processes of forest soils. In this respect, the aim of the present study was to understand the processes of rainfall interception and their temporal distribution in an area of seasonally dry tropical forest in the Brazilian semi-arid region, as a function of the rainfall characteristics. The research was carried out in an experimental micro basin in the district of Iguatu, in the State of Ceará, with predominantly seasonally dry tropical forest (SDTF) vegetation - woody Caatinga, under regeneration for 39 years. From 2010 to 2016, throughfall, stemflow down tree trunks, and losses from plant interception were monitored in an area of 10 x 10 m², with 185 recorded events. An automatic tilting-float pluviograph was used to understand the characteristics of the external and throughfall. To investigate the temporal distribution of the throughfall, data were collected during the rainy season (January to April) of 2017, totalling 30 natural rainfall events. The rainfall characteristics were investigated using Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA), defining possible similar groups relevant to interception and its determinant rainfall variables, giving rise to three different classes of rainfall events. The application of PCA formed two components, explaining 86.6% of the data, one component comprising the maximum intensities and the other rainfall duration and average intensity. Despite the mean rainfall intensity showing low correlation with all the variables, it can still be used in studying losses through plant interception, as it is simpler to determine than the maximum rainfall intensity over 30 minutes (I30). Greater losses from interception were recorded for class I rainfall, characterising events of low rainfall depth, low I30 and low occurrence. There was a decrease in losses through plant interception of 17 percentage points between the first and last rainfall class, due to the increase in rainfall depth and (I30). Vegetation causes a reduction in the total precipitation that effectively reaches the ground, generating an increase in rainfall duration, and lower maximum intensities, expressing the importance of the plant cover in controlling the processes of flow generation and water erosion. For each rainfall event there is a temporal delay in throughfall, so that for rainfall ≤ 0.8 mm during the first five minutes of rain, no event was able to generate throughfall, while throughfall was recorded for all events of 20 minutes' duration. Although total precipitation is the dominant characteristic, other factors interfere in the temporal variability of throughfall, and there is a need for more detailed studies on a smaller time scale. This study showed that the rainfall characteristics investigated provide important explanations for understanding the process of loss by interception and the temporal distribution of throughfall.

Keywords: Forest hydrology. Precipitation under vegetation. Temporal variability. Seasonally dry tropical forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do semiárido brasileiro de acordo com a última delimitação proposta	18
Figura 2 - Representação do processo de perda por interceptação: P - representa a precipitação total, P_{int} - representa a precipitação interna, Esc - representa o escoamento ao longo dos troncos e I - a perda por interceptação vegetal.....	22
Figura 3 - Localização da área experimental no Estado do Ceará, Brasil	36
Figura 4 - Fisionomia da caatinga no período chuvoso (A), pluviógrafo de bascula (B), dispositivo de coleta de água que escoo pelos troncos das árvores (C) e pluviômetros para coleta da precipitação interna (D)	37
Figura 5 - Variabilidade mensal da precipitação pluviométrica para o município de Iguatu, Ceará	38
Figura 6 - Interceptação vegetal anual versus altura pluviométrica anual (A), variabilidade temporal da interceptação vegetal (B) e da altura pluviométrica em escala de eventos individuais (C) e altura pluviométrica em escala anual (D).....	42
Figura 7 - Altura pluviométrica (A), duração da chuva (B) e intensidade máxima em 30 minutos (C) ante as perdas por interceptação em cada classe de chuva.....	47
Figura 8 - Frequência de ocorrência dos eventos de precipitação, da quantidade de chuva e das perdas por interceptação média em diferentes classes de chuva	47
Figura 9 - Distribuição da altura pluviométrica (A), duração da chuva (B), Intensidade máxima em 30 minutos (C), e perdas por interceptação (D) para as três classes de chuva ..	49
Figura 10 - Localização da área experimental no Estado do Ceará, Brasil.....	61
Figura 11 - Pluviógrafo para monitorar a precipitação pluviométrica externa (a), pluviômetro para medir a precipitação interna (b), funis que captam a precipitação interna até o pluviógrafo (c), e pluviógrafo para verificar a distribuição temporal da precipitação interna (d, e).....	62
Figura 12 - Distribuição temporal da altura pluviométrica externa, precipitação interna, intensidade média e intensidade máxima em 30 minutos para a área em estudo....	64
Figura 13 - Variabilidade temporal da altura pluviométrica (a), energia cinética (b), intensidades máximas I5 ao I60 (c) e duração da chuva (d) para o período estudado.....	66
Figura 14 - Relação entre a precipitação externa e precipitação interna acumulada em 5 minutos (a), 10 minutos (b), 15 minutos (c) e 20 minutos (d, e) no início do evento.....	68

Figura 15 - Comportamento da precipitação pluviométrica externa versus precipitação interna para o evento (19/01/2017) em intervalo de tempo de 5 minutos	70
Figura 16 - Relação dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna acumulada nos 5 minutos iniciais da chuva com ($P \geq 1$ mm)	71
Figura 17 - Comportamento da precipitação pluviométrica externa versus precipitação interna para o evento (25/02/2017) em intervalo de tempo de 5 minutos	72
Figura 18 - Relação dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna acumulada nos 5 minutos iniciais da chuva com ($P \leq 0,8$ mm)	73
Figura 19 - Comportamento da precipitação pluviométrica externa versus precipitação interna para o evento (15/03/2017) em intervalo de tempo de 5 minutos	74
Figura 20 - Relação dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna acumulada nos 20 minutos iniciais da chuva com ($P = 0,6$ mm)	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de correlação das variáveis relacionadas às características das chuvas	43
Tabela 2 - Valores das comunalidades e componentes principais, após a rotação pelo algoritmo Varimax	45
Tabela 3 - Características dos eventos pluviométricos para cada classe de chuva formada....	46
Tabela 4 - Classes de chuva, número de eventos, precipitação interna (P_{int}), escoamento pelo tronco (Esc) e perda por interceptação (I) para o período de 2010 a 2016	51
Tabela 5 - Comparativo das perdas por interceptação <i>versus</i> altura pluviométrica em regiões de clima árido e semiárido	52
Tabela 6 - Características dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna observados durante o período de estudo.....	65
Tabela 7 - Propriedades dos eventos de chuva selecionados e respectivos valores de precipitação interna (%).....	69
Tabela 8 - Tempo de início da precipitação pluviométrica externa e precipitação interna para o evento (19/01/2017) e respectivas intensidades máximas em 5 minutos.....	70
Tabela 9 - Tempo de início da precipitação pluviométrica externa e precipitação interna para o evento (25/02/2017) e respectivas intensidades máximas em 5 minutos.....	72
Tabela 10 - Tempo de início da precipitação pluviométrica externa e precipitação interna para o evento (15/03/2017) e respectivas intensidades máximas em 5 minutos.....	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2	HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
4	CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO E O PROCESSO DE INTERCEPTAÇÃO VEGETAL EM FLORESTA TROPICAL SAZONAL SECA.....	33
5	DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM RELAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO EXTERNA EM REGIÃO SEMIÁRIDA.....	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO GERAL

As regiões semiáridas cobrem aproximadamente um terço da superfície da terra e estão entre os ambientes mais incertos, devido a secas periódicas e ao aumento crescente da exploração dos recursos hídricos (MALAGNOUX; SÈNE; ATZMON, 2007). No Brasil, as regiões semiáridas são conhecidas pelo seu ambiente de incertezas e contrastes, com chuvas irregulares, tanto no espaço quanto no tempo e tem a caatinga como vegetação predominante. Nesse ecossistema, analisar a distribuição temporal da interceptação vegetal é de grande relevância para o entendimento dos processos ec hidrológicos.

A interceptação vegetal vem sendo tema central de vários estudos e avaliações em hidrologia florestal nas últimas décadas (LLORENS; DOMINGO, 2007; CHEN; LI, 2016). 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 (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; MOURA *et al.*, 2009; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; ZHANG *et al.*, 2015; CHEN; LI, 2016).

A parcela da chuva que retorna diretamente à atmosfera, pode representar um percentual significativo do total precipitado. Na mata Atlântica por exemplo, a interceptação vegetal se mantém na faixa entre 12,7% a 14,9% da precipitação total (MOURA *et al.*, 2009; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013). Na floresta Amazônica a interceptação fica em torno de 21,5%, como verificado por Oliveira *et al.* (2008). No ambiente da caatinga as perdas por interceptação representam de 13,0 a 20,2% da precipitação total (MEDEIROS; ARAÚJO; BRONSTERT, 2009; AMORIM, 2013; IZIDIO *et al.*, 2013; CAVALCANTE, 2016). A grande variabilidade na interceptação está fortemente ligada à estrutura da floresta, (por exemplo, densidade, mudança sazonal, índice de área de vegetação, e capacidade de armazenamento do dossel) e a condição de clima (precipitação, evaporação e as características do vento) (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000; STAELENS *et al.*, 2008; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012).

A precipitação incidente restante, atinge o solo, quer como precipitação interna ou escoamento pelo tronco, contribuindo para manter a disponibilidade de água na zona das raízes das plantas, aumentando a umidade do solo e a percolação profunda (LIU *et al.*, 2016). A precipitação interna é composta por uma parte da precipitação que

atinge o solo diretamente, através de clareiras sem bater nas superfícies da vegetação, e a outra parte chaga ao solo através da drenagem das folhas (MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; CARLYLE-MOSES; LISHMAN; MCKEE, 2014; ZHANG *et al.*, 2015). Sabe-se que a precipitação interna representa o maior componente de entrada de precipitação na vegetação, no entanto, ainda não foram estabelecidas relações para entender a distribuição temporal da precipitação ao longo dos eventos de precipitação em ambientes semiáridos. Na Eslovênia, Zabret *et al.* (2017a) e Zabret *et al.* (2017b), conseguiram estabelecer relações que explicam o início da precipitação interna em relação a precipitação externa, assim como o padrão temporal de distribuição da precipitação interna em diferentes espécies de árvores.

A outra parte da precipitação incidente que atinge o solo é o escoamento pelo tronco, que equivale à água da chuva que, após saturar a copa das árvores, escoam pelos galhos e troncos em direção ao solo (MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013). Um bom entendimento do dinamismo hidrológico entre as características das chuvas e da vegetação é substancial em estudos de perdas por interceptação em regiões semiáridas. Uma característica importante a se considerar no entendimento do processo de perda por interceptação vegetal é a intensidade da chuva. Calder (1996), mostrou que a maior intensidade de chuvas gera um impacto mais forte sobre a vegetação, reduzindo ao máximo o armazenamento no dossel, diminuindo assim as perdas por interceptação vegetal. Dessa forma, este estudo visa promover a discussão sobre o particionamento da chuva em precipitação interna, escoamento pelos troncos e perdas por interceptação em vegetação de caatinga em regeneração há 39 anos, além de investigar a distribuição temporal da precipitação interna.

2 HIPÓTESES E OBJETIVOS

Hipóteses

Caraterísticas da chuva, como precipitações de elevada altura pluviométrica e intensidade, influenciam na redução da interceptação vegetal em área de floresta tropical sazonalmente seca.

A vegetação atenua a precipitação que efetivamente chega ao solo, havendo um atraso temporal no início da chuva em cada evento chuvoso, em função da quantidade de chuva e cobertura vegetal.

Objetivos

Objetivo geral

Compreender os processos de interceptação vegetal da chuva e a sua distribuição temporal, em uma área com floresta tropical sazonal seca no semiárido brasileiro, em função das características das chuvas.

Objetivos específicos

Promover a discussão sobre o particionamento da chuva em precipitação interna, escoamento pelos troncos e perdas por interceptação;

Agrupar os eventos pluviométricos em diferentes classes de precipitação e analisar sua interferência nas perdas por interceptação;

Monitorar a distribuição temporal da precipitação interna, e o tempo necessário para que ocorra a saturação da vegetação;

Analisar as características da precipitação interna (duração da chuva, energia cinética, intensidades máximas (I5 ao I60) em relação a precipitação externa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Semiárido Brasileiro

A última atualização do mapeamento do semiárido brasileiro foi realizado em 23 de novembro de 2017, assinado pelo Ministro da Integração Nacional e pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Assim, ficam estabelecidos os seguintes critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido: (I) Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; (II) Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50; e (III) Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano, (SUDENE, 2017). Para a próxima atualização, prevista para o ano de 2021, são considerados aptos para inclusão no Semiárido os municípios da área de atuação da Sudene que alcancem pelo menos um dos critérios elencados nos incisos I, II e III em qualquer porção de seu território.

Com essa última atualização, foram inclusos 73 municípios, distribuídos entre os estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Pernambuco, Piauí e Paraíba, totalizando 1.262 municípios, onde vivem mais de 25 milhões de brasileiros/as. A Figura 1 apresenta a última delimitação do semiárido brasileiro que passa a ser representado pelos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco.

Em termos regionais, o desenvolvimento do semiárido brasileiro sempre esteve condicionado ao seu perfil edafoclimático. A escassez hídrica junta-se as demais características geoambientais do quadro natural da região semiárida, cujos elementos marcantes são a semiaridez de caráter sazonal que atinge grande parte do seu território e a alta variabilidade pluviométrica espacial e temporal inerente a esse tipo climático. Nessa região a vegetação de caatinga é considerada de extrema relevância, pois a mesma é decorrente dos fatores climáticos marcantes. A vegetação nativa da caatinga é rica em espécies forrageiras do tipo arbóreo, arbustivo e herbáceo (ANDRADE *et al.*, 2010).

Figura 1 - Mapa de localização do semiárido brasileiro de acordo com a última delimitação proposta



Fonte: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Vegetação de caatinga do semiárido brasileiro

No semiárido brasileiro, a vegetação de maior expressão é a de caatinga, a qual cobre 86% da sua área, 53% da área do Nordeste e 10% do Brasil. Na atualidade, a vegetação de caatinga encontra-se em acentuado processo de degradação devido ao desmatamento indiscriminado provocado pelo homem, ação essa que contribuiu para o comprometimento do seu equilíbrio a curto e longo prazo (ALBUQUERQUE; LOMBARDI NETO; SRINIVASAN, 2001). Esses processos refletem na alteração de 80% de seus ecossistemas originais e na susceptibilidade de 62% de seu território a processos de desertificação (MMA, 2016).

O componente arbóreo da caatinga apresenta diversidade, conforme seja as características edafoclimáticas e o nível de preservação. As espécies mais predominantes na caatinga são as das famílias: *Mimosaceae*, *Caesalpinaceae*, *Fabaceae*, *Euphorbiaceae*, *Anacardiaceae*, *Asteraceae*, *Malvaceae* e *Bromeliaceae* (AMORIM; SAMPAIO; ARAÚJO, 2005; OLIVEIRA; PRATA; FERREIRA, 2013; PEREIRA JÚNIOR *et al.*, 2014).

A vegetação da caatinga é do tipo xerófila, de fisionomia e florística variadas composta por espécies arbustivas e arbóreas de pequeno e médio portes, caducifólias, e em boa parte dotadas de espinhos (SILVA; GUIMARÃES FILHO, 2006). Outros mecanismos adaptativos são: as folhas finas e pequenas, o fechamento dos estômatos, a perda das folhas na estação seca, o ciclo fenológico curto, presença de sistemas de raízes bem desenvolvidos e dormência das sementes (SILVA; GUIMARÃES FILHO, 2006). Nesse sentido, na região semiárida brasileira a vegetação está condicionada ao déficit hídrico relacionado à seca, em decorrência da irregularidade das chuvas (ALVES; SILVA; VASCONCELOS, 2009). Analisando-se este fator, percebe-se que não é apenas a precipitação que provoca o déficit hídrico, mas também a associação a outros fatores característicos da região, como altas temperaturas associadas à alta intensidade luminosa, que provocam uma demanda evaporativa elevada (TROVÃO *et al.*, 2007).

O estudo e a conservação da biodiversidade da caatinga se constituem em uma das maiores necessidades do conhecimento científico brasileiro, por possuir características e espécies únicas. Aliado a isso, esse é o único bioma restrito ao território brasileiro, todavia a mais ameaçada e pouco protegida (TROVÃO *et al.*, 2007). Acrescenta-se também, o fato de suas espécies apresentarem características fisiológicas

que refletem adaptações complexas e peculiares às condições ambientais do semiárido brasileiro (TROVÃO *et al.*, 2007).

Regime de chuva do semiárido brasileiro

As regiões semiáridas são caracterizadas fundamentalmente pelo regime de chuvas, definido pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações pluviométricas num curto período, cerca de três meses, durante o qual ocorrem chuvas repentinas, de pequena duração (SANTOS *et al.*, 2009). Os cursos de água (rios ou riachos) que escoam na região são quase todos de caráter intermitente, por secarem durante a maior parte do ano estando diretamente relacionado com a precipitação da região.

Cabral *et al.* (2013) reforçam outras peculiaridades presente em regiões semiáridas: altas variabilidades espaciais e temporais da precipitação, além da vivência com os extremos do clima, como por exemplo, as constantes secas e cheias. As precipitações da região apresentam uma distribuição anômala, com início da estação chuvosa podendo ocorrer de dezembro a maio, dependendo da zona da região.

As chuvas que ocorrem nas regiões semiáridas são mal distribuídas no tempo, sendo uma verdadeira raridade a ocorrência de chuvas sucessivas, em pequenos intervalos. Portanto, o que realmente caracteriza uma seca não é somente a baixa altura pluviométrica e sim a sua distribuição no tempo. A proximidade da linha do Equador é outro fator natural que tem influência marcante nas características climáticas do Nordeste. A região apresenta temperaturas elevadas (média de 26° C), número também elevado de horas de sol por ano (estimado em cerca de 3.000 horas) e índices acentuados de evapotranspiração, devido à incidência perpendicular dos raios solares sobre a superfície do solo (no semiárido brasileiro a evapotranspiração potencial média pode atingir 2.000 mm/ano, FUNDAJ, 2016).

A variabilidade intra e interanual na precipitação é provocada por diferentes sistemas atmosféricos que atuam no Nordeste brasileiro (SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012), destacando-se principalmente os Vórtices Ciclônicos em Ar Superior, Distúrbios Ondulatórios de Leste, Zona de Convergência do Atlântico Sul e os Sistemas Frontais e o avanço da Zona de Convergência Intertropical entre janeiro e maio, com um máximo em março-abril sobre o Nordeste. Esses fenômenos influenciam diretamente e indiretamente a ocorrência de chuvas sobre a região do Nordeste do Brasil (ANDRADE;

MEIRELES; PALÁCIO, 2010; SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012; ANDRADE *et al.*, 2016). As frentes frias e ondas de leste, associado a Zona de Convergência Intertropical origina precipitações habitualmente intensas, de origem convectiva sem apresentar um padrão de ocorrência bem definida; resultando em um padrão de chuva irregular do ponto de vista da precipitação. Essa variabilidade se faz presente em toda a extensão do semiárido brasileiro (ANDRADE; MEIRELES; PALÁCIO, 2010).

O regime pluviométrico que ocorre nas regiões semiáridas é caracterizado pela concentração das chuvas em um curto espaço de tempo. É comum, em um único mês, o total precipitado ser superior a 70% da média da região (ANDRADE; MEIRELES; PALÁCIO, 2010). Além dessas características, a precipitação apresenta um padrão sazonal, com um período chuvoso concentrado em três a quatro meses, mas podendo prolongar-se até seis meses (GUERREIRO *et al.*, 2013). A estação úmida de forma geral inicia-se em janeiro/fevereiro e estende-se até abril/maio. Essa má distribuição das chuvas durante o ano, resulta em índices pluviométricos distintos, proporcionando assim rápidas respostas às mudanças do ambiente proporcionando grandes alterações na paisagem da vegetação da caatinga (BATISTA; SANTOS, 2013).

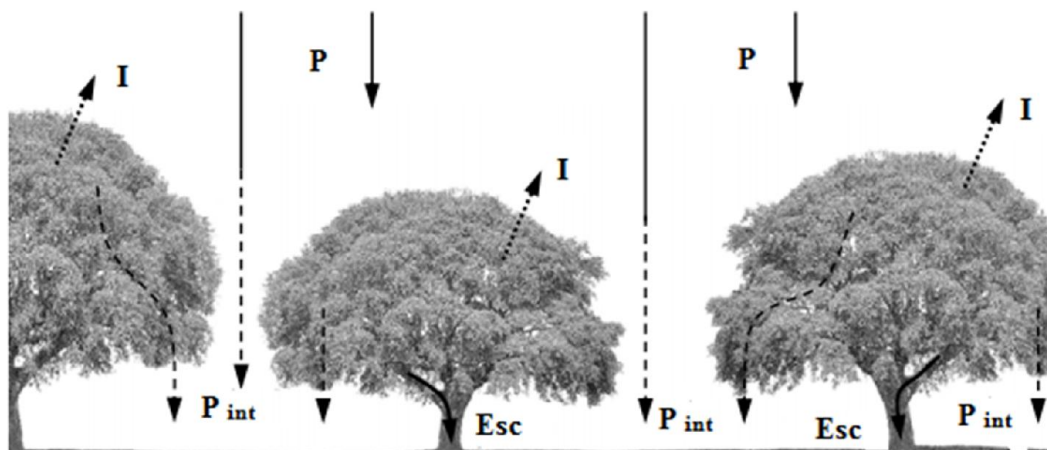
Dentro desse cenário, entender o comportamento da interceptação vegetal em função das características das chuvas é de grande relevância para o balanço hídrico, principalmente em áreas com florestas. Esse entendimento é possível se levar em consideração as características locais de cada região estudada, tais como: Características da precipitação (altura, duração e intensidade da chuva), condições climáticas (ventos), tipo e densidade da vegetação.

Perda por interceptação vegetal: uma visão geral

Quando a precipitação cai sobre uma superfície horizontal parte dela é então interceptada pela cobertura vegetal, onde fica temporariamente retida (Figura 2). Essa parte ou até mesmo a totalidade da precipitação que assim se acumula na superfície da vegetação pode então evaporar, ou ser absorvida pelos galhos e fustes, constituindo a perda por interceptação (I). O restante da precipitação que não foi interceptada é então drenado, sobretudo por gotejamento a partir das folhas e ramos, embora uma parte, geralmente pequena, acabe por atingir o solo através do fuste, formando o escoamento pelo tronco (Esc). A água que goteja a partir das copas em conjunto com a precipitação

que atravessa livremente sem ser interceptada (precipitação livre), constitui a precipitação interna (P_{int}).

Figura 2 - Representação do processo de perda por interceptação: P - representa a precipitação total, P_{int} - representa a precipitação interna, Esc - representa o escoamento ao longo dos troncos e I - a perda por interceptação vegetal



Fonte: Adaptada de Pereira (2009).

Horton foi o pioneiro no estudo sobre a interceptação pluviométrica vegetal. O mesmo lançou em 1919 as bases das técnicas de medidas experimentais da interceptação vegetal através da precipitação, com a distribuição de diversos pluviômetros em diferentes situações e posições e interceptômetros artesanais para determinar o escoamento pelos troncos. Ainda hoje suas técnicas são aplicadas com as modificações propostas pelas novas tecnologias (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003; MOURA *et al.*, 2009; LORENZON; DIAS; TONNELLO, 2015; SADEGHI; ATTAROD; PYPKER, 2015).

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 (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 (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003; MOURA *et al.*, 2009; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; ZHANG *et al.*, 2015; CHEN; LI, 2016). As folhas das árvores funcionam como um reservatório que ao serem saturadas evaporam e volta para a atmosfera. Apesar de não incluir explicitamente a chuva interna

e o escoamento de tronco na definição de interceptação, Horton mediu esses dois processos para estimar as perdas por interceptação.

O procedimento da interceptação é um componente significativa da evaporação em áreas vegetadas. Os pesquisadores buscaram entender essa variação em diferentes tipos florestais. Na mata Atlântica por exemplo a interceptação varia de 12,7% a 14,9% da precipitação total (MOURA *et al.*, 2009; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013). Na floresta Amazônica a interceptação fica em torno de 21,5% como verificado por Oliveira *et al.* (2008). Em vegetações características de regiões semiáridas, Medeiros; Araújo; Bronstert (2009) e Izidio *et al.* (2013) encontraram perdas por interceptação de 13% e 17,9% da precipitação total, respectivamente.

Segundo Silans; Werlang; Silva (2001), na maioria das vezes a interceptação em regiões de clima semiárido é desprezada, pois a vegetação é esparsa e apresenta uma pequena proporção de área foliar. No entanto, Carlyle-Moses (2004) afirma, em seu estudo, que apesar de as perdas estimadas por ele em uma região semiárida serem inferiores àquelas registradas em áreas florestadas úmidas, estas não são desprezíveis.

O estudo das perdas de interceptação tem fundamental relevância no equilíbrio de bacias hidrográficas, especialmente quando as precipitações se apresentam de forma irregulares e escassas e quando grande parte do percentual interceptada é evaporado (MORGAN, 1985). Assim, para a quantificação da interceptação da chuva é essencial monitorar a precipitação interna e o escoamento pelo tronco das árvores.

Precipitação interna

A precipitação interna é a chuva que efetivamente chega ao piso florestal, incluindo gotas que passam diretamente pelos espaços existentes entre as folhas que formam as copas (LORENZON; DIAS; LEITE, 2013; ZHANG *et al.*, 2015). Na tentativa de se medir a capacidade de água que chega ao piso florestal, foram testados uma variedade de dispositivos de diversos tamanhos, coletor plástico e padrão de mensuração da chuva. Devido a esses fatores a sua estimativa exata é geralmente muito difícil, pois a precipitação interna é muito variável no interior das florestas, ou em qualquer outra cultura. Além disso, a altura do coletor em relação ao nível do solo, bem como a altura do tronco da vegetação nem sempre são indicados. Estas questões são importantes, porque pequenos erros na medição podem levar a grandes erros na estimativa de interceptação da chuva (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000).

Não há um consenso sobre a quantidade e o tipo de coletores a serem utilizados na medição da precipitação interna. Oliveira *et al.* (2008) utilizaram em seu experimento 25 pluviômetros distribuídos aleatoriamente em um hectare. Moura *et al.* (2009) fez uso de 24 pluviômetros em uma parcela experimental de 3.000 m². Já Izidio *et al.* (2013) em área de 10 x 10 m² utilizaram 10 pluviômetros sendo representativo para a área em estudo. Contudo os fatores experimentais, como a distribuição dos pluviômetros e o intervalo nas coletas, também influenciam nessa partição da precipitação, dificultando a análise comparativa entre os diferentes locais pesquisados.

De um modo geral, para florestas tropicais, as variações da precipitação interna estão entre 75% e 96% da precipitação total que chega efetivamente ao solo (OLIVEIRA *et al.*, 2008). Na vegetação da caatinga essa proporção varia da ordem de 80,0% a 76,5% (MEDEIROS; ARAÚJO; BRONSTERT, 2009; IZIDIO *et al.*, 2013). Em outros tipos vegetacionais a precipitação interna se manteve na faixa de 69,0% a 87,3% (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; MOURA *et al.*, 2009; MOURA *et al.*, 2014).

Escoamento pelo tronco

Nas florestas, parte da água da chuva que chega ao solo é originária do escoamento pelo tronco, que segundo Tucci (2004), situa-se entre 1% a 15% da precipitação total. Em ambientes semiáridos entender essa quantidade de água que efetivamente chega ao solo é fundamental na compreensão da quantidade de água que efetivamente chegam para as raízes das plantas. Visando compreender esse processo, Medeiros; Araújo; Bronstert (2009) em vegetação de caatinga obtiveram um escoamento pelo tronco na ordem de 6%, demonstrando sua importância para compreender os processos hidrológicos. Em outra área de caatinga Izidio *et al.* (2013) encontraram valores semelhantes ao estudo já mencionado. O escoamento pelo tronco foi de 5,9% da precipitação total.

Em estudo conduzido em Taiwan, Chen; Li (2016), encontraram escoamentos pelos troncos na seguinte proporção; a estação chuvosa representou 12,5% da precipitação, enquanto a estação seca representou 8,8%. O autor atribui essa menor proporção na época seca ao fato da cobertura do dossel ser reduzida na estação seca. No geral o escoamento pelo tronco geralmente representa valores <5% da precipitação total nos diferentes tipos florestais (OLIVEIRA *et al.*, 2008; MOURA *et al.*, 2009; LORENZON; DIAS; LEITE, 2013; CARLYLE-MOSES; LISHMAN; MCKEE, 2014).

Em estudos com uma ou poucas espécies, Hölscher *et al.* (1998) relataram que existem percentuais maiores (até 41%), o que não representa a realidade das florestas nativas do país.

O escoamento pelo tronco das árvores depende dos seguintes fatores: altura pluviométrica, rugosidade da casca, tipo cobertura, diversidade das espécies e da composição etária da floresta. Návar; Bryan (1990) concluíram que as variações no escoamento pelo tronco podem ser explicadas pela posição e ângulo dos ramos, e as árvores que apresentam galhos direcionados para cima produzem mais escoamento pelo tronco em relação as árvores com galhos direcionados para baixo ou na horizontal.

Por representar uma pequena porção da chuva, juntamente com a dificuldade de se instalar e manter o sistema de coletas, pesquisadores como Arcova; Cicco; Rocha (2003) e Sadeghi; Attarod; Pypker (2015), optaram por não considerar o escoamento pelo tronco na determinação das perdas por interceptação. Já Shinzato *et al.* (2011) e Lorenzon; Dias; Tonnello (2015) concluíram que o escoamento pelo tronco representa, para o indivíduo, ganho significativamente elevado de água próximo às raízes. Ou ainda, promover a distribuição localizada da precipitação ao redor do tronco, sendo favorável à planta, principalmente, nos períodos menos chuvosos (MOURA *et al.*, 2009).

Classes de chuva e sua relação com a interceptação

O conhecimento da influência da altura pluviométrica nas perdas por interceptação é de suma importância para os estudos hidrológicos. Estudos têm sido realizados em diferentes tipos florestais, climas e regiões do mundo, a fim de averiguar a relação entre classes de chuvas e perdas por interceptação.

Autores como Thomaz; Antoneli (2015) verificaram a influência de diferentes classes pluviométricas nas perdas por interceptação e concluíram que a maior interceptação ocorreu na classe de precipitação menor do que 2,5 mm (56,3%). A capacidade de interceptação diminuiu gradualmente nas restantes classes de precipitação até atingir um valor mínimo de 3,7% em chuvas de mais de 50 mm.

No semiárido do Irã, Sadeghi; Attarod; Pypker (2015), investigaram a relação entre precipitação total e interceptação em duas classes de chuva ($\leq 3,5$ mm e $\geq 3,5$ mm). Verificaram que a interceptação reduziu em mais de 50%, conforme elevou-se a altura pluviométrica.

No Estado do Paraná, Calux; Thomaz (2012) evidenciaram que a maior taxa de interceptação na floresta subtropical foi 41,5%, e ocorreu na classe de precipitação menor do que 5 mm. Em contrapartida a menor taxa de interceptação foi 7% e ocorreu na classe de precipitação maior do que 50 mm. Já Izidio *et al.* (2013) em área de caatinga no semiárido brasileiro observaram que na classe de precipitação menor do que 10 mm a interceptação foi de 27,6%, em compensação na classe de precipitação maior do que 40 mm foi de 14,4%. Essa diminuição no percentual de perda por interceptação vegetal é atribuída a maior altura pluviométrica e intensidades da chuva, características estás, que, contribuem para aumentar a precipitação interna e o escoamento pelo tronco.

Para eventos de menores alturas pluviométricas, a precipitação interna corresponde a uma menor porção da precipitação total (THOMAZ; ANTONELI, 2015). Com o aumento da altura pluviométrica, aumenta a proporção de precipitação interna, como visto nas pesquisas de Moura *et al.* (2009) e Moura *et al.* (2014). No Irã, Fathizadeh *et al.* (2013) investigaram o comportamento da precipitação interna em função do agrupamento de três classes de chuva, no período com folhas e no período sem folhas. Os valores de precipitação interna aumentaram de acordo com a altura pluviométrica, tanto em um período como no outro.

Características das chuvas no processo de interceptação

Estudos de precipitação pluviométrica indicam que a interceptação vegetal é controlada por três grupos de variáveis (LI *et al.*, 2016): (I) características da precipitação, tais como intensidade de chuva e precipitação total; (II) características da estrutura da copa das árvores (índice de área foliar e tamanho das folhas); e (III) os parâmetros meteorológicos, como velocidade do vento e umidade relativa. Apesar do desenvolvimento de estudos buscando entender essas características, ainda há lacunas sobre qual desses parâmetros é mais sensível, como isso muda para diferentes tipos de vegetação e qual destes processos interagem diretamente com a interceptação vegetal. Uma característica importante a se considerar nessa análise é a relação intensidade da precipitação *versus* as perdas por interceptação. Calder (1996), mostrou que a maior intensidade de chuvas gera um impacto mais forte sobre a vegetação, reduzindo ao máximo o armazenamento no dossel, diminuindo assim as perdas por interceptação vegetal. A relação entre a interceptação e as características da copa das árvores ainda não são claras (ZHANG *et al.*, 2009; LI *et al.*, 2016). Destaca-se ainda, que as características

da chuva como a diferença entre a intensidade máxima e mínima de um evento pluviométrico, podem fornecer explicações poderosas para a interceptação do dossel em regiões áridas e semiáridas (DUNKERLEY, 2010; DUNKERLEY, 2015).

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 tronco. 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).

REFERÊNCIAS

- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó-RN, Brasil, **Revista Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 615-623, 2005.
- AMORIM, L. B. **Status hídrico de solo e planta em ambiente semiárido associado com a interceptação pluvial**. 2013. 100 f. Tese-Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- ALBUQUERQUE A. W.; LOMBARDI NETO F.; SRINIVASAN V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 121-128, 2001.
- ALVES, L. I. F.; SILVA, M. M. P.; VASCONCELOS, K. J. C. Visão de Comunidades Rurais em Juazeirinho/PB Referente a Extinção da Biodiversidade da Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 180-186, 2009.
- ANDRADE, E. M.; SENA, M. G. T.; SILVA, A. G. R.; PEREIRA, F. J. S.; LOPES, F. B. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016.
- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. Q. 2010. **O semiárido cearense e suas águas**. In: Andrade, E. M.; Pereira, O. J.; Dantas, F. E. R. (Eds.) O Semiárido e o manejo dos recursos naturais. Fortaleza: Imprensa Universitária, cap. 3, pp 56-80.
- ANDRADE, A. P.; COSTA, R. G.; SILVA, D. S.; LACERDA, A. V.; ARAÚJO, J. S. 2010. **A caatinga como suporte forrageiro: desafios para exploração sustentável**. In: Andrade, E. M.; Pereira, O. J.; Dantas, F. E. R. (Eds.) O Semiárido e o manejo dos recursos naturais. Fortaleza: Imprensa Universitária, cap. 4, pp 81-105.
- 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**, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.
- BATISTA, J. L. O.; SANTOS, R. L. A caracterização do uso e ocupação do solo de uma zona semiárida entre 1993 a 2008 através da classificação supervisionada Maxver: o caso do município de Teofilândia, Bahia (BA)-Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, v. 54 n. 1, p. 99-111, 2013.
- 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**, v. 25, n. 2, p. 407-413, 2014.
- CARLYLE-MOSES, D. E. Throughfall, stemflow and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community. **Journal of Arid Environments**, v. 58, n. 2, p. 181-202, 2004.

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

CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N. B.; SILVEIRA, C. S.; LEMOS, W. E. D.; PORTO, V. C. Análise da modelagem dinâmica da precipitação em uma bacia hidrográfica no semiárido. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, v. 1, 2013.

CALUX, J.; THOMAZ, E. L. Intercepção e precipitação interna: comparação entre floresta ombrófila mista e Pinus elliottii var. elliotti. **Geoambiente On-line**, n. 19, p. 24-39, 2012.

CAVALCANTE, H. M. B. **Mudança do uso da terra e efeitos ecohidrológicos em área de caatinga e pastagem no semiárido pernambucano**. 2016. 77 f. Dissertação-Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2016.

CHEN, Y. Y.; LI, M. H. Quantifying Rainfall Interception Loss of a Subtropical Broadleaved Forest in Central Taiwan. **Water**, 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**, 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**, 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**, v. 29, n. 15, p. 3294-3305, 2015.

FATHIZADEH, O.; ATTAROD, P.; PYPKER, T. G.; DARVISHSEFAT, A. A.; ZAHEDI AMIRI, G. Seasonal variability of rainfall interception and canopy storage capacity measured under individual oak (*Quercus brantii*) trees in Western Iran. **Journal of Agricultural Science and technology**, v. 15, n. 1, p. 175-188, 2013.

FUNDAJ - Fundação Joaquim Nabuco. **Caracterização do Semiárido Brasileiro**. Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1122%3Acaracterizacao-do-semi-arido&catid=75&Itemid=717. Acesso em: 6. jul. 2016.

GUERREIRO, M. J. S.; ANDRADE, E. M.; ABREU, I.; LAJINHA, T. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 33, n. 14, p. 2929-2939, 2013.

HORTON, R. E. Rainfall interception. **Monthly Weather Review**, vol. 47, n. 9, p. 603-623, 1919.

HÖLSCHER, D.; SÁ, T. D. A.; MÖLLER, R. F.; DENICH, M.; FÖLSTER, H. Rainfall partitioning and related hydrochemical fluxes in a diverse and in a mono specific

- (*Phenakospermum guyannense*) secondary vegetation stand in eastern Amazonia. **Oecologia**, v. 114, n. 2, p. 251-257, 1998.
- IZIDIO, N. S. C.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; ARAÚJO NETO, J. R.; BATISTA, A. A. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 44-52, 2013.
- LI, X.; XIAO, Q.; NIU, J.; DYMOND, S.; VAN DOORN, N. S.; YU, X.; XIE, B.; LV, X.; ZHANG, K.; LI, J. Process-based rainfall interception by small trees in Northern China: The effect of rainfall traits and crown structure characteristics. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 218, p. 65-73, 2016.
- LIU, X.; HE, Y.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; LI, Y.; YUN, J.; WEI, S.; YUE, X. The response of soil water and deep percolation under *Caragana microphylla* to rainfall in the Horqin Sand Land, northern China. **Catena**, v. 139, p. 82-91, 2016.
- 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**, v. 37, n. 4, p. 619-627, 2013.
- LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore (Online)**, v. 39, p. 423-430, 2015.
- LLORENS, P.; DOMINGO, F. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe. **Journal of Hydrology**, v. 335, n. 1, p. 37-54, 2007.
- MALAGNOUX, M.; SÈNE, E. H.; ATZMON, N. Forests, trees and water in arid lands: a delicate balance. **Unasylva-Fao**, v. 229, n. 58, p. 24-25, 2007.
- MORGAN, R. P. C. Soil degradation and erosion as a result of agricultural practice. In: RICHARDS, K.S.; ARNETT, R.R.; ELLIS, S. **Geomorphology and Soils**, p. 379-395, 1985.
- 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 Arvore**, v. 33, p. 461-469, 2009.
- MOURA, A. E. S. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; LIMA, L. E.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M.; SANTOS, N. O. Avaliação da precipitação interna em cultivo de café em bacia representativa no Estado de Pernambuco. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 3, p. 21, 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biomas. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga/item/191>>. Acesso em: 25 out. 2016.

- MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO, J. C.; BRONSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semiarid region. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 2, p. 165-174, 2009.
- MUŻYŁO, A.; LLORENS, P.; DOMINGO, F. Rainfall partitioning in a deciduous forest plot in leafed and leafless periods. **Ecohydrology**, v. 5, n. 6, p. 759-767, 2012.
- NÁVAR, J.; BRYAN, R. Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in northeastern Mexico. **Journal of Hydrology**, v. 115, n. 1, p. 51-63, 1990.
- OLIVEIRA, D. G.; PRATA, A. P.; FERREIRA, R. A. Herbáceas da Caatinga: composição florística, fitossociologia e estratégias de sobrevivência em uma comunidade vegetal. **Agrária** (Recife. Online), v. 8, p. 623-633, 2013.
- OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F.; SOUSA, F. A. S.; COSTA, A. C. L.; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuana, na Amazônia Oriental. **Revista Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 723 – 732, 2008.
- PEREIRA, F. M. L. **Intercepção da precipitação em montados de sobreiro e azinheira**. 2009. 184 f. Tese (Doutoramento em Engenharia Florestal), Universidade Técnica de Lisboa, 2009.
- PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D.; BARBOSA, A. S.; BARBOSA, F. M. Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 509-520, 2014.
- STAELENS, J.; DE SCHRIJVER, A.; VERHEYEN, K.; VERHOEST, N. E. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 1, p. 33-45, 2008.
- SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M.; SILVA, B. B. Seca, precipitação e captação de água de chuva no semi-árido de Sergipe. **Engenharia Ambiental** (UNIPINHAL), v. 6, n. 1, p. 55-73, 2009.
- 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**, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2015.
- SILANS, M. B. P.; WERLANG, L. M.; SILVA, F. M. Estudo experimental da interceptação da chuva pela vegetação da caatinga. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Aracajú, CD-ROM, 2001.
- SHINZATO, E. T.; TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A. G.; VALENTE, R. O. A. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 395-402, 2011.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), v. 27, n. 2, p. 163-172, 2012.

SILVA, P. C. G.; GUIMARÃES FILHO, C. 2006. **Eixo tecnológico da ecorregião Nordeste**. In: SOUSA, I. S. F. de. (Org.). Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária. 1ªed.Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 3, p. 109-161.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **PROPOSIÇÃO Nº 105/2017**. Disponível em: < <http://www.sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Proposio-n-105-2017--Minuta-de-Proposio-Delimitao-do-semirido-em-andamento-1.pdf>>. Acesso em: 20. mar. 2018.

TUCCI, C. E. M. Interceptação. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. Org.: C. E. M. Tucci. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, p. 243-249, 2004.

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

TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.

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**, v. 1, n. 2, p. 0107-0119, 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**, v. 527, p. 1084-1095, 2015.

ZABRET, K.; RAKOVEC, J.; MIKOŠ, M.; ŠRAJ, M.; Influence of Raindrop Size Distribution on Throughfall Dynamics under Pine and Birch Trees at the Rainfall Event Level. **Atmosphere**, v. 8, n. 8, p. 240, 2017a.

ZABRET, K.; RAKOVEC, J.; ŠRAJ, M. Evaluation of Drop Size Distribution Impact on Rainfall Interception by Trees. **Proceedings**, v. 1, n. 5, p. 117, 2017b.

CAPÍTULO 1

4 CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO E O PROCESSO DE INTERCEPTAÇÃO VEGETAL EM FLORESTA TROPICAL SAZONAL SECA

RESUMO

Em regiões com escassez de água, as perdas por interceptação desempenham funções importantes nos processos ecohidrológicos, principalmente nas florestas tropicais sazonais secas. Neste contexto, objetivou-se com este estudo investigar a influência das características das chuvas sob a precipitação interna, escoamento pelo tronco e as perdas por interceptação vegetal em uma região semiárida tropical. Os dados foram coletados de 2010 a 2016, totalizando 185 eventos, em uma microbacia experimental com vegetação predominantemente Floresta Tropical Sazonal Seca (FTSS) - Caatinga arbóreo-arbustiva, em regeneração há 39 anos. As características das chuvas foram investigadas por meio da Análise da Componente Principal (ACP) e Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH), originando três classes de eventos pluviométricos distintos. A aplicação da ACP formou duas componentes explicando 86,6% dos dados. Uma componente foi composta pelas intensidades máximas e a outra pela duração da chuva e intensidade média. A interceptação é significativa com todas as variáveis e é composta pela seguinte sequência de contribuição: Altura pluviométrica > energia cinética > intensidade máxima em 60 minutos > intensidade máxima em 45 minutos > intensidade máxima em 30 minutos > intensidade máxima em 20 minutos > intensidade máxima em 15 minutos > intensidade máxima em 10 minutos > intensidade máxima em 5 minutos > duração > intensidade média. Maiores perdas por interceptação foram registradas na classe de chuva I, caracterizando eventos de baixa altura pluviométrica, baixa I30 e baixa ocorrência de eventos. Ocorreu um decréscimo de 17 pontos percentuais na perda por interceptação vegetal entre a primeira e última classe de chuva, devido ao aumento da altura pluviométrica e intensidade máxima da chuva em 30 minutos (I30). Mesmo a intensidade média da chuva apresentando baixa correlação com todas as variáveis, a mesma pode ser utilizada nos estudos de perda por interceptação vegetal, em função da mesma ser mais simples de determinar do que a I30.

Palavras-chave: Cobertura vegetal. Classes de chuva. Intensidade máxima em 30 minutos. Semiárido. Estatística multivariada.

**CHARACTERISTICS OF PRECIPITATION AND THE PROCESS OF
INTERCEPTION IN A SEASONALLY DRY TROPICAL FOREST**

ABSTRACT

In regions of water shortage, losses from interception play an important role in ecohydrological processes, especially in seasonally dry tropical forests. In this respect, the aim of this study was to investigate the influence of rainfall characteristics on throughfall, stemflow and losses from plant interception, in a tropical semi-arid region. Data were collected from 2010 to 2016, totalling 185 events, in an experimental micro basin with predominantly seasonally dry tropical forest (SDTF) vegetation - woody Caatinga, under regeneration for 39 years. The rainfall characteristics were investigated using Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA), giving rise to three classes of different rainfall events. The application of PCA formed two components, explaining 86.6% of the data. One component consisted of the maximum intensities and the other of rainfall duration and average intensity. Interception is significant for all variables, and comprises the following contribution sequence: Rainfall depth> kinetic energy> maximum intensity over 60 minutes> maximum intensity over 45 minutes> maximum intensity over 30 minutes> maximum intensity over 20 minutes> maximum intensity over 15 minutes> maximum intensity over 10 minutes> maximum intensity over 5 minutes> duration> average intensity. Greater losses from interception were recorded for class I rainfall, characterising events of low rainfall depth, low I30 and low occurrence. There was a decrease of 17 percentage points in loss through plant interception between the first and last rainfall class due to the increase in rainfall depth and maximum rainfall intensity over 30 minutes (I30). Despite the mean rainfall intensity showing low correlation with all the variables, it can still be used in studying losses through plant interception, as it is simpler to determine than the I30.

Keywords: Plant cover. Rainfall class. Maximum intensity over 30 minutes. Semi-arid. Multivariate statistics.

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas pela escassez de água, chuvas de alta intensidade, concentração das precipitações pluviométricas em curto período e pelo regime de chuvas (SANTOS *et al.*, 2009; GUERREIRO *et al.*, 2013; ANDRADE *et al.*, 2016), que representam aproximadamente um terço da superfície da terra (REYNOLDS, 2001). Nesse ambiente, as florestas tropicais sazonais secas cobrem mais de 1.000.000 km² (MILES *et al.*, 2006), sendo que, na região Nordeste do Brasil a vegetação de Caatinga ocupa aproximadamente 844.453 km².

Em regiões como o semiárido brasileiro onde a disponibilidade hídrica é limitada, as perdas por interceptação desempenham funções importantes nos processos ecohidrológicos (ZHANG *et al.*, 2009; FATHIZADEH *et al.*, 2017), sendo fundamental uma compreensão completa do equilíbrio hídrico nessas regiões (LI *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2016), principalmente em florestas tropicais sazonais secas. No semiárido brasileiro as perdas por interceptação representam de 13,0% a 20,2% da precipitação total (MEDEIROS; ARAÚJO; BRONSTERT, 2009; AMORIM, 2013; IZIDIO *et al.*, 2013; CAVALCANTE, 2016). Perda por interceptação refere-se à parte da precipitação que temporariamente fica retida pela copa das árvores e, eventualmente, evaporada diretamente de volta para a atmosfera durante e após a chuva (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; MOURA *et al.*, 2009; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012). A precipitação incidente restante, atinge o solo como precipitação interna e escoamento pelo tronco (MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; SADEGHI *et al.*, 2016) contribuindo para manter a disponibilidade de água na zona das raízes das plantas, aumentando a umidade do solo e a percolação profunda (LIU *et al.*, 2016).

Um bom entendimento da dinâmica hidrológica entre as características das chuvas e da vegetação é substancial em estudos de perdas por interceptação em regiões semiáridas, em especial na gestão dos recursos hídricos, em que a precipitação pluviométrica é a fonte de recarga de água no solo (ZHAO; LIU, 2010; LIU *et al.*, 2016). O processo da interceptação depende basicamente da estrutura do dossel, características das chuvas e outras variáveis climáticas (STAELENS *et al.*, 2008; MUŻYŁO; LLORENS; DOMINGO, 2012; LI *et al.*, 2016).

Com base na revisão bibliográfica realizada, ainda faltam estudos que detalhem o efeito da variabilidade temporal dos eventos pluviométricos sobre as perdas por interceptação. Devido a essa falta de informações, objetivou-se com este estudo

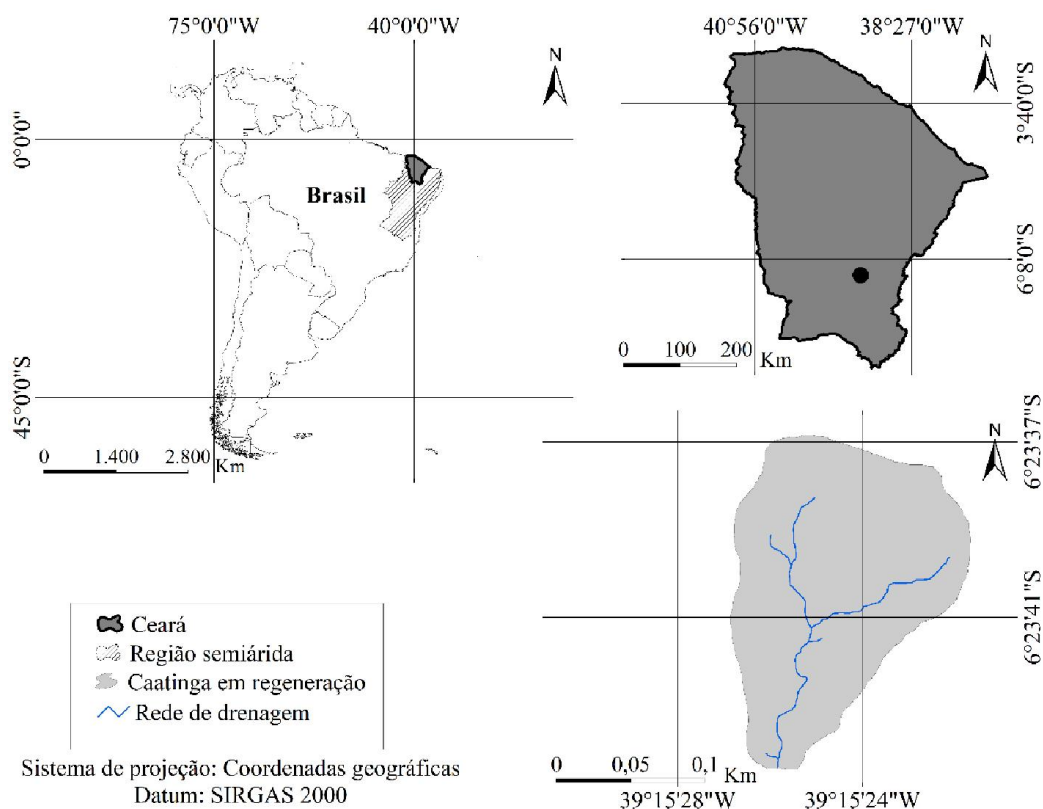
investigar a influência das características das chuvas (altura pluviométrica, duração dos eventos e intensidade da chuva) sob a precipitação interna, escoamento pelo tronco e as perdas por interceptação em uma região semiárida tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo

A área de estudo está localizada no Semiárido cearense, em uma microbacia experimental no município de Iguatu, Ceará, Brasil, a qual está localizada na bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe, entre as coordenadas geográficas $6^{\circ}23'37''$ a $6^{\circ}23'41''$ S e $39^{\circ}15'24''$ a $39^{\circ}15'28''$ W (Figura 3), com altitude média de 217 m. A área pertence ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e tem como vegetação predominante Caatinga arbóreo-arbustiva, em regeneração há 39 anos (Floresta Tropical Sazonal Seca - FTSS) - (Figura 4A).

Figura 3 - Localização da área experimental no Estado do Ceará, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

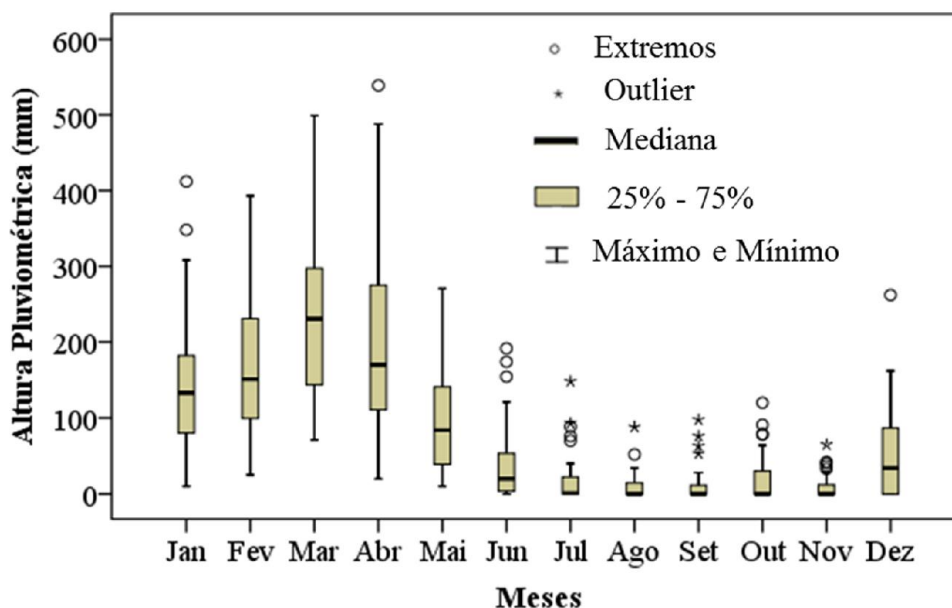
Figura 4 - Fisionomia da caatinga no período chuvoso (A), pluviógrafo de báscula (B), dispositivo de coleta de água que escoo pelos troncos das árvores (C) e pluviômetros para coleta da precipitação interna (D)



Fonte: Elaborado pelo autor.

O clima da região é do tipo BSw'h' (semiárido quente), com temperatura média sempre acima de 18 °C no mês mais frio e chuvas de outono. O índice de Aridez de Thornthwaite (1948) é de 0,44, classificando a região como semiárida. A evapotranspiração potencial média é de 1.988 mm ano⁻¹, e a precipitação média histórica no município de Iguatu é de 885 ± 304 mm (série histórica de 1927 a 2016). A região é caracterizada por duas estações: uma estação chuvosa de janeiro a maio e uma estação seca de junho a dezembro (Figura 5). A estação chuvosa concentra 84% da precipitação total anual. Agosto e novembro são os meses mais secos com apenas 0,9% da precipitação total anual respectivamente. Os meses mais chuvosos são março e abril, representando em conjunto 43% da precipitação média anual, confirmando a alta variabilidade temporal dos eventos pluviométricos da região.

Figura 5 - Variabilidade mensal da precipitação pluviométrica para o município de Iguatu, Ceará



Fonte: Elaborado pelo autor.

Coleta de dados pluviométricos

Dados de precipitação pluviométrica, precipitação interna e escoamento pelo tronco foram coletados por um período de sete anos consecutivos (janeiro de 2010 a dezembro de 2016). Os dados pluviométricos foram obtidos em uma estação automática equipada com pluviógrafo de balança com aquisição de dados a cada 5 minutos, instalada na área de estudo (Figura 4B). Foram calculadas as intensidades médias (I , mm h^{-1}) de cada evento, além da máxima intensidade em trinta minutos ($I_{30\text{máx}}$, em mm h^{-1}).

A energia cinética da chuva (EC), baseado na relação entre a intensidade e a distribuição das gotas das chuvas foi calculada pela equação de Wischmeier; Smith (1978), posteriormente modificada por Foster *et al.* (1981), equação 1:

$$EC = 0,119 + 0,0873 * \text{Log } I \quad (1)$$

Onde: EC é a energia cinética da chuva, em ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), e I , a intensidade da chuva, em (mm h^{-1}).

De um total de 230 eventos naturais de precipitação, somente 185 eventos registraram dados de intensidade. O local de estudo foi também equipado com

pluviômetro *Ville de Paris*, servindo como referência aos dados do pluviógrafo de balança.

Cálculo do escoamento pelo tronco

A partir do levantamento fitossociológico realizado no início do estudo (ano de 2010) em uma área de 10 x 10 m², foram encontradas 164 árvores com circunferência variando de 11 a 82 cm. As espécies de árvores mais frequentes pertencem às famílias *Fabaceae*, com a maior riqueza florística, seguido da *Euphorbiaceae* e *Combretaceae* (PEREIRA JÚNIOR, 2016) A medição das circunferências ocorreu na altura do peito com padrão de 1,30 m do solo, (DBH - *diameter at breast height*). Posteriormente as árvores foram divididas em 6 classes conforme sua circunferência.

O escoamento pelo tronco foi medido em seis árvores utilizando calhas de zinco colocadas na envoltura dos troncos, prendidas nas árvores com massa epóxi, e uma mangueira plástica que ligava o dispositivo a um recipiente coletor de água, na qual foram ajustadas em torno de toda a circunferência do tronco para não ocorrer perdas (Figura 4C).

O volume de água captado em cada recipiente foi medido para cada evento chuvoso. Para a área em estudo o escoamento pelo tronco é obtido através da equação 2.

$$Esc = \sum_{i=1}^n E_i \cdot q_i \quad (2)$$

Onde Esc - escoamento pelo tronco calculado para cada evento de chuva diário, mm; n - número de classes de circunferência; E_i - escoamento pelo tronco da árvore representativa da classe i; q_i - quantidade de árvores da classe i.

Medições e cálculo da precipitação interna

Foram utilizados dez pluviômetros instalados sob a vegetação (Figura 4D) a uma altura de 1,30 m do solo, distribuídos aleatoriamente e reposicionados a cada duas semanas. Isso assegura uma distribuição uniforme dos locais de amostragem contra possíveis erros na medição. Os volumes de precipitação interna medidos no acumulado de 24 horas foram convertidos para lâmina de água (em mm) dividindo o volume de água em cada pluviômetro pela sua área de captação. Em seguida, foi determinada pela média aritmética dos volumes coletados pelos dez pluviômetros.

Perda por interceptação

As perdas por interceptação do dossel para cada evento de precipitação foram calculadas empregando-se a equação 3.

$$I = P - (P_{\text{int}} + E_{\text{sc}}) \quad (3)$$

Onde I - Perda por interceptação, mm; P - Precipitação total, mm; P_{int} - precipitação interna medida sob a vegetação, mm; E_{sc} - escoamento pelo tronco das árvores, mm.

Análise estatística

O modelo de estatística multivariada - Análise Fatorial/Análise das Componentes Principais (AF/ACP), foi utilizado como suporte para identificar os principais agentes que influenciam as características das chuvas ante as perdas por interceptação. Foram investigadas as seguintes variáveis: Altura pluviométrica (mm); Energia cinética ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$); Intensidade média da chuva (mm h^{-1}); duração da chuva (minutos); Intensidades máximas (I5, I10, I15, I20, I30, I45, I60 mm h^{-1}) e Perda por interceptação (mm). Os dados originais, na forma de matriz foram expressos por $X = (x_{ij})$, em que $i = 1 \dots n$ amostragens e $j = 1 \dots p$ variáveis. Na aplicação da (AF/ACP), a primeira etapa é transformar a matriz de dados originais em uma matriz de correlação ($p \times p$), para p igual às 12 variáveis analisadas nesse estudo. Após a definição da matriz de correlação, analisou-se a consistência geral dos dados pelo método Kayser Mayer Olkim (KMO). A matriz dos componentes obtida na fase de extração nem sempre é de fácil interpretação; para superar essa limitação, foi feita a transformação ortogonal (rotação da matriz dos pesos fatoriais), gerando uma nova matriz pelo modelo de rotação ortogonal Varimax.

Para verificar a similaridade dos eventos pluviométricos, as chuvas foram divididas em grupos, com emprego da técnica de Análise Multivariada/ Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH), com base na altura pluviométrica (mm), duração da chuva (minutos), intensidade máxima de 30 minutos (130 mm h^{-1}) e perda por interceptação (%). Os eventos foram agrupados com base no seu grau de semelhança definida pela variação entre os coeficientes de agrupamento de dois grupos consecutivos. O algoritmo de agrupamento empregado na definição dos agregados foi o método de Ward. Para reduzir os erros devido a escalas de variáveis, os dados das unidades foram

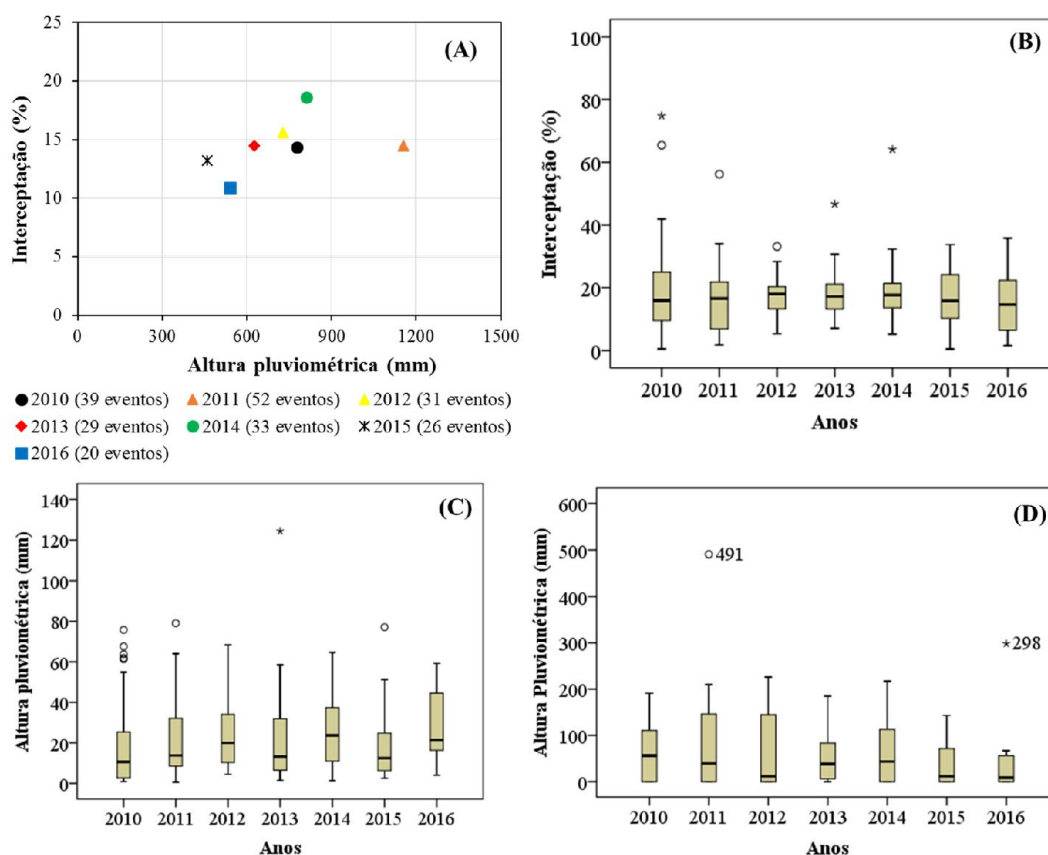
padronizados pelo método z-score. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 16.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações pluviométricas anuais apresentaram-se de forma irregular, com valores variando entre 459,3 a 1.154,9 mm (Figura 6A), evidenciando a alta variabilidade temporal dos eventos da região (Figura 6C). O ano de 2011 registrou o maior número de eventos (23% do total) e maior altura pluviométrica. Destaca-se que neste ano, o mês de abril foi o mais chuvoso, com 491 mm (Figura 6D) (representando 42,5% da altura pluviométrica total do ano). O ano de 2016 apresentou precipitação de 539,9 mm, sendo que, 55% das chuvas ocorreram no mês de março (Figura 6D). Esta constatação indica que as chuvas que ocorrem na região semiárida são caracterizadas pela concentração em um curto espaço de tempo, como já discutido por Andrade; Meireles; Palácio (2010).

Para todos os anos investigados, ocorreram precipitações pluviométricas na estação seca (junho a dezembro), no entanto, as maiores alturas pluviométricas são encontradas na estação chuvosa (janeiro a maio), na qual os meses de março e abril são responsáveis por 46% da precipitação total. Além da variabilidade temporal dos eventos pluviométricos (Figura 6C), estes resultados expressam a incerteza do regime hidrológico presente na área de estudo, comum em regiões semiáridas, como verificado por Guerreiro *et al.* (2013) e Andrade *et al.* (2016).

Figura 6 - Interceptação vegetal anual versus altura pluviométrica anual (A), variabilidade temporal da interceptação vegetal (B) e da altura pluviométrica em escala de eventos individuais (C) e altura pluviométrica em escala anual (D)



* Precipitações pluviométricas referentes aos 230 eventos monitorados

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como a altura pluviométrica, as perdas por interceptação vegetal em escala de evento variaram ao longo dos anos (Figura 6B), tendo registrado valores máximos de 75% para o ano de 2010. Além disso, teve perdas por interceptação médias variando entre 10,9% e 18,6% durante o período analisado (Figura 6A). Embora pesquisadores mostrem que as perdas por interceptação variem conforme mude as precipitações, em escala anual, os resultados obtidos nesse estudo, mostram que a interceptação foi independente do total anual precipitado (Figura 6). Portanto, a interceptação apresenta relação multivariada com a precipitação, havendo a necessidade de investigações onde sejam considerados não somente a altura pluviométrica, mas outras características da chuva como duração do evento, frequência e intensidade da chuva. Estas características podem fornecer explicações essenciais na compreensão das perdas

por interceptação da chuva pela vegetação, como visto nas pesquisas de Zhang *et al.* (2009); Sadeghi; Attarod; Pypker (2015); Zhang *et al.* (2015); Zhang *et al.* (2016), em regiões áridas e semiáridas temperadas.

Em regiões semiáridas, as relações entre intensidade da chuva e duração dos eventos pluviométricos não são claras. Não há um consenso sobre quais das intensidades máximas (I5, I10, I15, I20, I30, I45, I60) devem ser utilizadas em estudos de interceptação das precipitações. Utilizando o modelo de Gash em uma região semiárida no estado do Ceará, Medeiros; Araújo; Bronstert (2009) confirmam que a I45 apresentou melhor desempenho na aplicabilidade do modelo. Já Zhang *et al.* (2016) afirmam que a I60 é a mais representativa para interpretar a precipitação interna e as perdas por interceptação em vegetação de arbustos no deserto da China. Devido à falta de informação na literatura buscou-se neste estudo investigar as relações entre as características da chuva (altura pluviométrica do evento 24h, intensidade média da chuva, duração da chuva, energia cinética, intensidades máximas (I5 ao I60) e as perdas por interceptação), como verificado na (Tabela 1).

Tabela 1 - Matriz de correlação das variáveis relacionadas às características das chuvas

	P	Int. méd	D	EC	I5	I10	I15	I20	I30	I45	I60	I
P	1,00											
Int. méd	0,21*	1,00										
D	0,55**	-0,41**	1,00									
EC	0,95**	0,25**	0,41**	1,00								
I5	0,67**	0,45**	0,14	0,70**	1,00							
I10	0,72**	0,49**	0,16	0,75**	0,97**	1,00						
I15	0,75**	0,46**	0,19*	0,78**	0,95**	0,99**	1,00					
I20	0,77**	0,43**	0,22*	0,80**	0,94**	0,97**	0,99**	1,00				
I30	0,79**	0,39**	0,24**	0,82**	0,91**	0,94**	0,97**	0,98**	1,00			
I45	0,84**	0,34**	0,29**	0,87**	0,86**	0,90**	0,93**	0,95**	0,98**	1,00		
I60	0,87**	0,30**	0,32**	0,90**	0,84**	0,87**	0,90**	0,93**	0,95**	0,99**	1,00	
I	0,71**	0,19*	0,43**	0,65**	0,49**	0,52**	0,53**	0,54**	0,55**	0,57**	0,58**	1,00

P – Altura pluviométrica (mm); Int. méd – Intensidade média da chuva (mm h⁻¹); D – duração da chuva (minutos); EC – Energia cinética (MJ ha⁻¹ mm⁻¹); I5 – Intensidade máxima em 5 min (mm h⁻¹); I10 –

Intensidade máxima em 10 min (mm h^{-1}); I15 – Intensidade máxima em 15 min (mm h^{-1}); I20 – Intensidade máxima em 20 min (mm h^{-1}); I30 – Intensidade máxima em 30 min (mm h^{-1}); I45 – Intensidade máxima em 45 min (mm h^{-1}); I60 – Intensidade máxima em 60 min (mm h^{-1}); I – Perda por interceptação (mm); ** ($p < 0,001$); * ($p < 0,005$); Dados referentes aos 185 eventos que registraram intensidade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As variáveis investigadas mostraram-se adequadas ao emprego do modelo estatístico (ACP), com valor do teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) igual a 0,88. Na matriz de correlação observa-se que a perda por interceptação (I) apresentou elevada correlação com a altura pluviométrica (P) com valor de 0,71 ($p < 0,001$). Esta elevada correlação entre essas duas variáveis é em função da interceptação representar um percentual significativo da precipitação total de 24h. Esse resultado enfatiza, que, conhecendo a precipitação total já é possível ter uma estimativa razoável da interceptação vegetal.

Além da precipitação pluviométrica, a perda por interceptação apresentou boa correlação com a energia cinética da chuva (EC) com valor (0,65), devido a cobertura vegetal interceptar as gotas da chuva, e como consequência há uma diminuição na energia cinética da chuva (GEIBLER *et al.*, 2013; KAUSHAL *et al.*, 2017). Com exceção da I5, a interceptação apresentou correlação maior que 0,5 com as demais intensidades máximas, sendo as melhores correlações registradas com a (I30, I45 e I60 mm h^{-1}) com valores de 0,55, 0,57 e 0,58 ($p < 0,001$), respectivamente. A intensidade média da chuva apresentou baixa correlação com todas as variáveis (Tabela 1), no entanto, a mesma pode ser utilizada nos estudos de perda por interceptação vegetal ($p < 0,005$), em função da mesma ser mais simples de determinar do que a I30. A duração da chuva também apresenta baixas correlações com todas as variáveis estudadas, contudo, apresenta significância ($p < 0,001$) somente com a EC, I30, I45, I60 e I (Tabela 1).

A aplicação da ACP resultou na formação de duas componentes explicando 86,69% da variância total dos dados (Tabela 2). Essas componentes (CP1 e CP2) permitem identificar quais as variáveis com maiores inter-relações na componente formada. Observa-se que os maiores pesos fatoriais foram atribuídos ao I30 com valor igual a 0,98, seguido do I20, I45 e I15 com valores iguais a 0,97. A segunda componente foi formada somente com a intensidade média e com a duração da chuva, explicando 14,16% dos dados. Os resultados da CP1 indicam que os valores da intensidade máxima em 30 minutos (I30) para a região semiárida em estudo é a que melhor oferece poder de explicação em estudos de perdas por interceptação. Em estudos de erosão, a intensidade

máxima em 30 minutos é a que fornece maior poder de explicação nos processos erosivos (XU *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2016).

Tabela 2 - Valores das comunalidades e componentes principais, após a rotação pelo algoritmo Varimax

Variáveis	Comunalidades	CP1	CP2
I30	0,97	0,98	-
I20	0,96	0,97	-
I45	0,96	0,97	-
I15	0,95	0,97	-
I60	0,94	0,96	-
I10	0,93	0,95	-
I5	0,89	0,91	-
EC	0,89	0,89	-
P	0,85	0,88	-
I	0,55	0,65	-
D	0,84	-	0,86
Int. méd	0,69	-	-0,72
Autovalor	-	8,70	1,70
Variância Explicada %	-	72,52	14,16
Variância Acumulada %	-	72,52	86,69

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tomando por base os resultados da ACP, aplicou-se a Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH) na definição de possíveis grupos similares quanto a interceptação e as variáveis pluviométricas determinantes da mesma. Portanto, foram investigadas as seguintes características das chuvas: Altura pluviométrica (mm), duração da chuva (min), intensidade máxima em 30 minutos (mm h^{-1}) e perdas por interceptação (%), originando três classes de chuvas distintas (Tabela 3).

Tabela 3 - Características dos eventos pluviométricos para cada classe de chuva formada

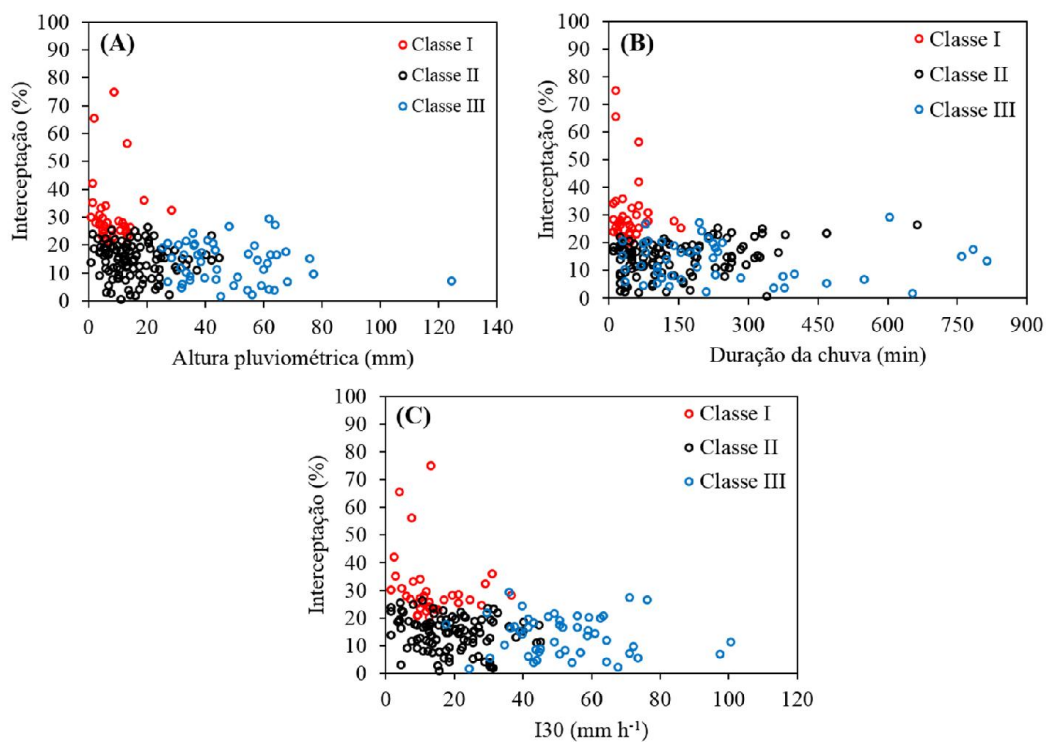
Classes de chuva	Variáveis	Média	Desvio Padrão	CV	Soma	Número de eventos
Classe I	P (mm)	8,4	5,7	0,7	294,0	35
	Duração (min)	47,7	34,2	0,7		
	I30 (mm h ⁻¹)	13,5	8,4	0,6		
	Ic (%)	30,6	12,0	0,4		
	It (%)	30,0	-	-		
Classe II	P (mm)	15,9	9,7	0,6	1623,0	102
	Duração (min)	147,7	116,5	0,8		
	I30 (mm h ⁻¹)	19,0	10,1	0,5		
	Ic (%)	14,3	6,1	0,4		
	It (%)	14,1	-	-		
Classe III	P (mm)	48,6	17,9	0,4	2330,8	48
	Duração (min)	241,0	202,5	0,8		
	I30 (mm h ⁻¹)	52,2	16,5	0,3		
	Ic (%)	13,5	7,1	0,5		
	It (%)	13,1	-	-		

P – Altura pluviométrica; I30 - Intensidade máxima em 30 minutos; Ic – Perda por interceptação média da classe; It – Perda por interceptação total da classe.

Fonte: Elaborado pelo autor.

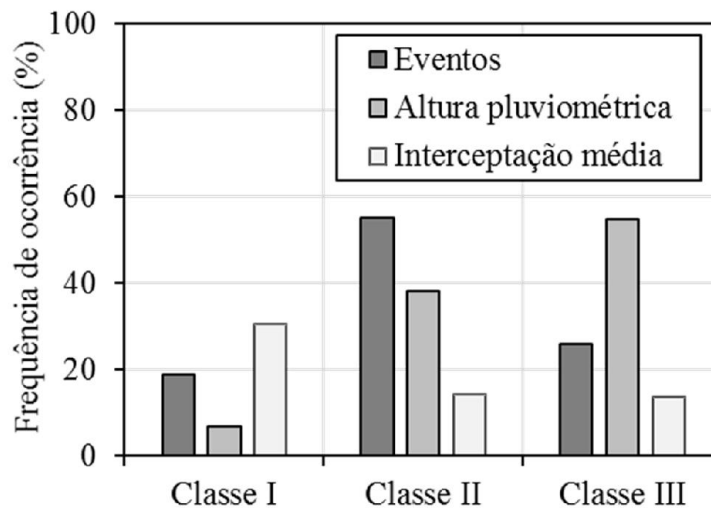
A classe de chuva I agrupou eventos de baixa altura pluviométrica, baixa I30, baixa duração da chuva, baixa ocorrência de eventos e as maiores perdas por interceptação (média de 30,6%) (Tabela 3, Figura 7). Devido a estas características das chuvas, boa parte da água precipitada fica retida nas folhas e galhos contribuindo para maiores perdas por interceptação, uma vez que precipitações pequenas não atingem a capacidade de retenção de água pela vegetação (TOBA; OHTA, 2005; STAELENS *et al.*, 2008; LI *et al.*, 2016). Mesmo esta classe apresentando 18,9% dos eventos, representou apenas 6,9% da precipitação total (Figura 8).

Figura 7 - Altura pluviométrica (A), duração da chuva (B) e intensidade máxima em 30 minutos (C) ante as perdas por interceptação em cada classe de chuva



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 - Frequência de ocorrência dos eventos de precipitação, da quantidade de chuva e das perdas por interceptação média em diferentes classes de chuva



Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora a altura pluviométrica média, o tempo de duração e o I30 expressem alta dissimilaridade entre as classes II e III (Tabela 3), as perdas por interceptação de 14,3% e 13,5, respectivamente, apresentaram alta similaridade. As características apresentadas nas classes II e III (maior altura pluviométrica, duração da chuva e intensidade máxima em 30 minutos podem ser determinantes no entendimento do processo de perda por interceptação. A classe de chuva II conteve a maior ocorrência de eventos (102), onde 56% dos eventos de precipitação estão dispostos nessa classe, representando 38,2% da precipitação pluviométrica total (Figura 8). Portanto, a frequência de ocorrência da quantidade de eventos e altura pluviométrica indicam que a precipitação de baixa a média magnitude (classes I e II) é muito mais frequente do que chuvas de grande altura pluviométrica (classe III) (Figura 8).

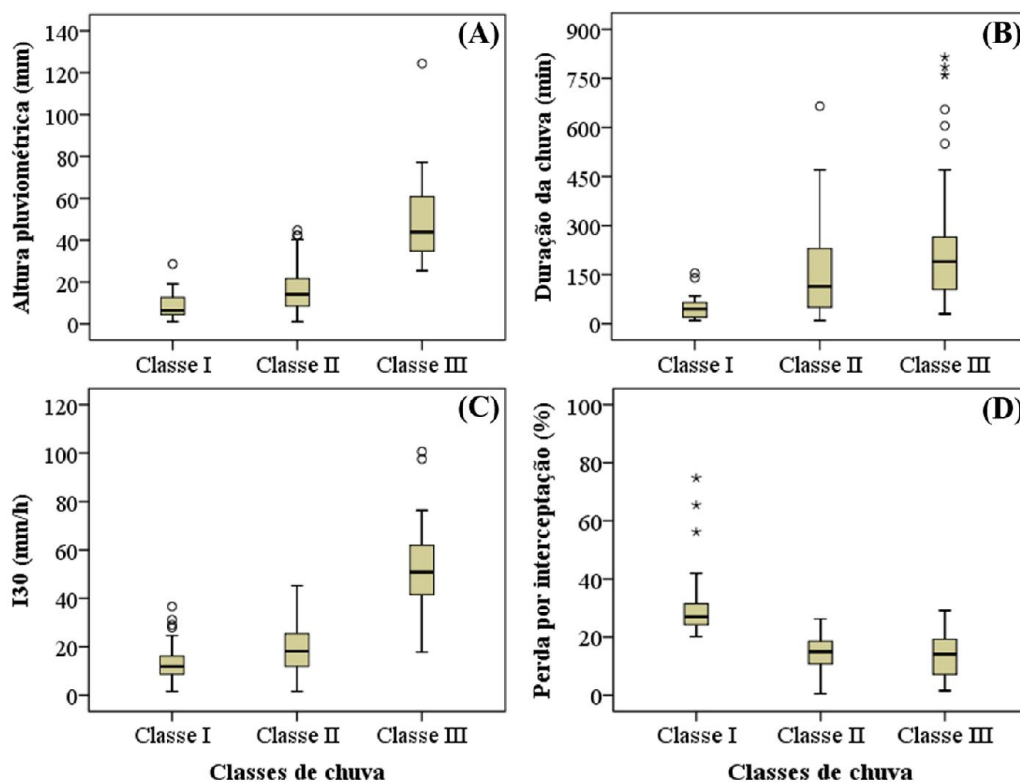
A classe de chuva III apresentou as menores perdas por interceptação (média de 13,5%), sendo composta por eventos de maiores alturas pluviométricas (média de 48,6 mm), alta intensidade ($I_{30\text{médio}} = 52,2 \text{ mm h}^{-1}$), longa duração e média ocorrência (48 eventos) (Tabela 3). As chuvas da classe III estão relacionadas principalmente as chuvas frontais, com maior tempo de duração e alta magnitude. Diante dessas características o percentual de perda por interceptação é reduzido, como discutido por Calder (1996) e Zhang *et al.* (2015). Mesmo que esta classe detenha 25,9% do total de eventos, foi responsável por 54,9% (Figura 8) da precipitação total, apresentando maior altura pluviométrica.

De acordo com a figura 7, há uma tendência decrescente na porcentagem de perda por interceptação com o aumento da altura pluviométrica e I30, evidenciando que tais características resultam em menores taxas de interceptação, como relatado por Toba; Ohta (2005). Os eventos pluviométricos ocorridos no período de estudo apresentaram durações variando em média de 47,7 a 241 minutos entre as classes de chuva I a III, com maior ocorrência na classe de chuva II com duração média de 147,7 minutos. Estes resultados estão de acordo com os já encontrados por Santos *et al.* (2017), onde concluíram que as chuvas da região em estudo são em geral de curta a intermediária duração.

A classe de chuva I, que apresenta baixa dispersão nos eventos (Figura 9A, 9B e 9C), concentrou as menores alturas pluviométricas, duração da chuva, e I30 em relação as demais classes investigadas. Em contrapartida, registrou o evento com a maior perda por interceptação (74%) (Figura 9D), para uma altura pluviométrica de 8,9 mm e duração de 15 minutos. Devido a estas características grande parcela da chuva é

interceptada em função da capacidade de retenção da vegetação. Em ambientes áridos e semiáridos Owens; Lyons; Alejandro (2006); Zhang *et al.* 2015 e Sadeghi *et al.* 2016 afirmam que baixas alturas pluviométricas e intensidade da chuva contribuem para um menor percentual de precipitação total e maior percentual de perda por interceptação.

Figura 9 - Distribuição da altura pluviométrica (A), duração da chuva (B), Intensidade máxima em 30 minutos (C), e perdas por interceptação (D) para as três classes de chuva



Fonte: Elaborado pelo autor.

Mesmo a classe de chuva II sendo classificada como de média duração, apresentou eventos individuais de 665 minutos, assemelhando-se aos registrados na classe III, resultando em maiores perdas por interceptação. Tal comportamento é atribuído aos eventos pluviométricos que se prolongam ao longo do dia, com intervalos sem chuva, representando uma maior duração do que os períodos de chuvas concentradas (Dunkerley, 2008), com isso há tempo para que as folhas sequem parcialmente entre cada ocorrência de chuva, desenvolvendo novamente a capacidade de armazenamento do dossel e aumentando as perdas por interceptação (Dunkerley, 2000), como evidenciado na classe II (Figura 9D).

Na classe de chuva III, enquadraram-se as maiores alturas pluviométricas, com máximo de 124,4 mm, mínimo de 25,3 mm e média de 48,5 mm (Figura 9A). Para essa mesma classe, a duração da chuva apresentou elevados valores, com máximo de 815 min, mínimo de 30 min e média de 241 min (Figura 9B). A variável I30 teve valores máximos e mínimos de 100,6 e 17,8 mm h⁻¹. Atrelado a essas três características (alta altura pluviométrica, alta duração e alta I30), as perdas por interceptação registraram os menores percentuais médios para o referido estudo (Figura 9D, Figura 7). Resultado semelhante foi verificado por Crockford; Richardson (2000), que em chuvas de alta magnitude e elevadas intensidades o dossel vegetal excede a sua capacidade de armazenamento e logo satura, gerando a redistribuição da precipitação, resultando em menores perdas por interceptação.

Destaca-se para esta classe III um evento de alta magnitude, com 124,4 mm ocorrido no ano de 2013, com duração de 285 minutos. Eventos dessa magnitude são atípicos na região em estudo (Figura 9A). Além disso, verificou-se que as chuvas de maior I30 geralmente tiveram uma duração mais curta, sendo este comportamento relacionado as chuvas convectivas, originando perdas por interceptação menores do que as outras classes. Isto também foi corroborado por Owens; Lyons; Alejandro (2006) e Zhang *et al.* (2015) de que a precipitação de alta intensidade e curta duração pode gerar maior contribuição líquida de precipitação do que eventos de baixa intensidade e longa duração.

Os maiores percentuais de precipitação interna (79,8%) e escoamento pelo tronco (7,2%) foram verificados na classe de chuva III (Tabela 4), a qual concentrou as maiores alturas pluviométricas, durações e intensidades (Tabela 3, Figura 9A, 9B e 9C). Quanto maior a intensidade do evento (Figura 7C) mais rápido ocorre a saturação da vegetação, gerando um impacto mais forte sobre a vegetação, contribuindo para geração de escoamento pelo tronco e precipitação interna (CALDER, 1996; CROCKFORD; RICHARDSON, 2000; TOBA; OHTA, 2005), observando-se assim, as menores perdas por interceptação (13,5%).

Tabela 4 - Classes de chuva, número de eventos, precipitação interna (P_{int}), escoamento pelo tronco (Esc) e perda por interceptação (I) para o período de 2010 a 2016

Classes de chuva	Nº de eventos	P		Esc		I	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Classe I	35	294,0	199,5	6,2	1,7	88,3	30,6
Classe II	102	1623,0	1290,4	104,5	6,0	228,2	14,3
Classe III	48	2330,8	1855,5	170,4	7,2	304,9	13,5
Total	185	4247,8	3345,3	281,1	-	621,4	-
Média da classe	-	-	-	5,0	-	-	19,4
Média dos eventos	-	-	-	6,6	-	-	14,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Contrário ao comportamento da precipitação interna e escoamento pelo tronco, as perdas por interceptação aumentaram para eventos de baixa altura pluviométrica (classe I) (Tabela 4). Esta mesma constatação foi verificada por Muzył o; Llorens; Domingo (2012); Sadeghi *et al.* (2016). Deste modo, constatou-se que os percentuais de precipitação interna e escoamento pelo tronco aumentaram 12,0 e 5,5 pontos percentuais entre a primeira e última classe de chuva. Para os 185 eventos pluviométricos investigados nas três classes de chuva, a precipitação interna correspondeu a 78,8% e o escoamento pelo tronco 6,6% da precipitação total (Tabela 4). Estudos realizados em diferentes condições climáticas e tipos florestais afirmam que a precipitação interna representa percentuais maiores que 70% (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003; MEDEIROS; ARAÚJO; BRONSTERT, 2009; MOURA *et al.*, 2009; IZIDIO *et al.*, 2013).

Os resultados deste estudo demonstram que o escoamento pelo tronco foi de 6,6% da precipitação total, assemelhando-se aos já encontrados em regiões semiáridas tropicais (MEDEIROS; ARAÚJO; BRONSTERT, 2009; IZIDIO *et al.*, 2013). Pesquisadores como Arcova; Cicco; Rocha (2003); Fathizadeh *et al.* (2013); Sadeghi; Attarod; Pypker (2015) assumem o escoamento pelo tronco como desprezível, pois consideram esta parcela insignificante no processo da interceptação. No entanto, o escoamento pelo tronco é um dos componentes mais importantes da distribuição localizada da precipitação ao redor do tronco (MOURA *et al.*, 2009; ZHANG *et al.*, 2016), principalmente, nos períodos menos chuvosos.

As medições na área de estudo indicam perdas por interceptação média de 14,6% da precipitação total, equiparando-se aos diferentes trabalhos já realizados em regiões semiáridas do Brasil e regiões áridas e semiáridas da China e Irã (Tabela 5).

Tabela 5 - Comparativo das perdas por interceptação *versus* altura pluviométrica em regiões de clima árido e semiárido

Regiões áridas e semiáridas na China e Irã					
Referências	I (%)	P (mm)	Local	Vegetação	Período estudo
Sadeghi <i>et al.</i> (2014)	22,0%	232,5	Teerã-Irã	Ca	Jan/2011 a Jan/2012
Sadeghi; Attarod; Pypker (2015)	17,8%	197,2	Teerã-Irã	Fr	Set/2012 a Maio/2013
Zhang <i>et al.</i> (2015)	16,7%	461,5	Deserto de	Ck	Jun/2011 a Nov/2013
	22,3%		Shapotou-CN	Ao	
Zhang <i>et al.</i> (2016)	17,1%	137,5	Deserto de Shapotou-CN	Ao	2004-2014
Sadeghi <i>et al.</i> (2016)	21,0%	730,5	Teerã-Irã	Ca	Mar/2011 a Mar/2014
Fathizadeh <i>et al.</i> (2017)	10,2	822,8	Ilam-Irã	Fc	Fev/2015 a fev/ 2016
Regiões semiáridas no Brasil					
Medeiros; Araújo; Bronstert (2009)	13,0	663,2	Aiuaba-CE	Cp	Dez/2003 a Mai/2006
Amorim (2013)	13,0	757,1	Soledade-PB	Cr	Fev/2011 a Jun/2012
	19,0		Soledade-PB	Cd	
Izidio <i>et al.</i> (2013)	17,9	954,0	Iguatu-CE	Creg	Jan-Dez/2010
Cavalcante (2016)	20,2	556,3	Serra Talhada-PE	Cd	Ago/2014 a Jul/2015
Este Estudo	14,6	606,8	Iguatu-CE	Creg	Jan/2010 a Dez/2016

Pe - Pinus eldarica; Ca - Cupressus arizonica; Fr - Fraxinus rotundifolia; Ck - Caragana korshinskii; Ao - Artemisia ordosica; Fc - Floresta de carvalho; Cp - Caatinga preservada; Cr - Caatinga raleada; Cd - Caatinga densa; Creg - Caatinga em regeneração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas regiões semiáridas do Brasil destaca-se as pesquisas desenvolvidas por Medeiros; Araújo; Bronstert (2009); Amorim (2013); Izidio *et al.* (2013); Cavalcante (2016) com perdas por interceptação variando entre 13% a 20% da precipitação pluviométrica total. Mesmo que os estudos já citados tenham sido conduzidos em regiões

de clima semiárido, ressalta-se que as características da vegetação e da precipitação pluviométrica mudam entre os diferentes locais investigados. Este tipo de comparação é de fundamental importância, pois o tipo de cobertura vegetal encontrado nas diferentes fisionomias da vegetação e o regime pluviométrico, são as características que mais diferenciam a medida da interceptação em florestas tropicais sazonais secas. Constata-se ainda que as perdas por interceptação medida nas regiões semiáridas do Brasil concordam com as pesquisas desenvolvidas em regiões de clima árido e semiárido da China e Irã, com perdas por interceptação variando entre 10% a 22% da precipitação pluviométrica total (Tabela 5).

CONCLUSÕES

Na matriz de correlação a interceptação vegetal é significativa com todas as variáveis, no entanto, apresenta maior correlação com a precipitação pluviométrica;

Embora a intensidade média da chuva apresente baixa correlação com as variáveis, entende-se que em função da maior disponibilidade dessa informação, a mesma é uma alternativa em estudos de interceptação vegetal;

Houve um decréscimo de 17 pontos percentuais nas perdas por interceptação vegetal entre a primeira e última classe de chuva, devido ao aumento da altura pluviométrica, duração da chuva e I30;

Contrário ao comportamento da perda por interceptação, a precipitação interna e o escoamento pelo tronco aumentaram 12,0 e 5,5 pontos percentuais, entre a primeira e última classe de chuva, para eventos de maior altura pluviométrica, duração da chuva e I30;

Durante o período de estudo a precipitação interna, o escoamento pelo tronco e as perdas por interceptação vegetal foram da ordem de 78,8%, 6,6% e 14,6% da precipitação pluviométrica total, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L. B. **Status hídrico de solo e planta em ambiente semiárido associado com a interceptação pluvial**. 2013. 100 f. Tese-Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. Q. 2010. **O semiárido cearense e suas águas**. In: Andrade, E. M.; Pereira, O. J.; Dantas, F. E. R. (Eds.) *O Semiárido e o manejo dos recursos naturais*. Fortaleza: Imprensa Universitária, cap. 3, pp 56-80.
- ANDRADE, E. M.; SENA, M. G. T.; SILVA, A. G. R.; PEREIRA, F. J. S.; LOPES, F. B. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016.
- 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**, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.
- CALDER, I. R. Dependence of rainfall interception on drop size: 1. Development of the two-layer stochastic model. **Journal of Hydrology**, v. 185, n. 1, p. 363-378, 1996.
- CAVALCANTE, H. M. B. **Mudança do uso da terra e efeitos ecohidrológicos em área de caatinga e pastagem no semiárido pernambucano**. 2016. 77 f. Dissertação-Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 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**, v. 14, n. 16-17, p. 2903-2920, 2000.
- DUNKERLEY, D. Intra-storm evaporation as a component of canopy interception loss in dryland shrubs: observations from Fowlers Gap, Australia. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 12, p. 1985-1995, 2008.
- DUNKERLEY, D. Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. **Hydrological Processes**, n. 14, p. 669–678, 2000.
- FATHIZADEH, O.; ATTAROD, P.; PYPKER, T. G.; DARVISHSEFAT, A. A.; ZAHEDI AMIRI, G. Seasonal variability of rainfall interception and canopy storage capacity measured under individual oak (*Quercus brantii*) trees in Western Iran. **Journal of Agricultural Science and technology**, v. 15, n. 1, p. 175-188, 2013.
- FATHIZADEH, O.; HOSSEINI, S. M.; ZIMMERMANN, A.; KEIM, R. F.; DARVISHI, B. A. Estimating linkages between forest structural variables and rainfall interception parameters in semi-arid deciduous oak forest stands. **The Science of the total environment**, v. 601, p. 1824, 2017.

- FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENATO, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conservation of the Universal Soil Loss Equation the SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 355-359, 1981.
- GEIBLER, C., NADROWSKI, K., KÜHN, P., BARUFFOL, M., BRUELHEIDE, H., SCHMID, B., & SCHOLTEN, T. Kinetic energy of throughfall in subtropical forests of SE China—effects of tree canopy structure, functional traits, and biodiversity. **PloS one**, v. 8, n. 2, p. e49618, 2013.
- GUERREIRO M. J. S.; ANDRADE, E. M.; ABREU, I; LAJINHA, T. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 33, n. 1, p. 2929-2939, 2013.
- IZIDIO, N. S. C.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E, M.; ARAÚJO NETO, J. R.; BATISTA, A. A. Interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacia no semiárido cearense. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 44-52, 2013.
- KAUSHAL, R.; KUMAR, A.; ALAM, N. M.; MANDAL, D.; JAYAPARKASH, J.; TOMAR, J. M. S.; PATRA, S.; GUPTA, A. K.; MEHTA, H.; PANWAR, P.; CHATURVEDI, O. P.; MISHRA, P. K. Effect of different canopy management practices on rainfall partitioning in *Morus alba*. **Ecological Engineering**, v. 102, p. 374-380, 2017.
- LI, X.; XIAO, Q.; NIU, J.; DYMOND, S.; VAN DOORN, N. S.; YU, X.; XIE, B.; LV, X.; ZHANG, K.; LI, J. Process-based rainfall interception by small trees in Northern China: The effect of rainfall traits and crown structure characteristics. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 218, p. 65-73, 2016.
- LI, X.; ZHANG, Z.; HUANG, L.; WANG, X. Review of the ecohydrological processes and feedback mechanisms controlling sand-binding vegetation systems in sandy desert regions of China. **Chinese Science Bulletin**, v. 58, n. 13, p. 1483-1496, 2013.
- LIU, X.; HE, Y.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; LI, Y.; YUN, J.; WEI, S.; YUE, X. The response of soil water and deep percolation under *Caragana microphylla* to rainfall in the Horqin Sand Land, northern China. **Catena**, v. 139, p. 82-91, 2016.
- MEDEIROS, P.H.A.; ARAÚJO, J.C.; BRONSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semiarid region. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.40, n.2, p.165–174, 2009.
- MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491-505, 2006.
- 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 Arvore**, v.33, p.461-469, 2009.

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

OWENS, M. K.; LYONS, R. K.; ALEJANDRO, C. L. Rainfall partitioning within semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover. **Hydrological Processes**, v. 20, n. 15, p. 3179-3189, 2006.

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

REYNOLDS, J. F. Desertification. In: Levin, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 2. **Academic Press**, London, pp. 61-78, 2001.

SADEGHI, S. M. M.; ATTAROD, P.; PYPKER, T. G.; DUNKERLEY, D. Is canopy interception increased in semiarid tree plantations? Evidence from a field investigation in Tehran, Iran. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v. 38, n. 6, p. 792-806, 2014.

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**, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2015.

SADEGHI, S. M. M.; ATTAROD, P.; VAN STAN, J. T.; PYPKER, T. G. The importance of considering rainfall partitioning in afforestation initiatives in semiarid climates: A comparison of common planted tree species in Tehran, Iran. **Science of the Total Environment**, v. 568, p. 845-855, 2016.

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Effect of Rainfall Characteristics on Runoff and Water Erosion for Different Land Uses in a Tropical Semiarid Region. **Water Resources Management**, v. 31, p. 173-185, 2017.

SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M.; SILVA, B. B. Seca, precipitação e captação de água de chuva no semi-árido de Sergipe. **Engenharia Ambiental** (UNIPINHAL), v. 6, n. 1, p. 55-73, 2009.

STAELENS, J.; DE SCHRIJVER, A.; VERHEYEN, K.; VERHOEST, N. E. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 1, p. 33-45, 2008.

TOBA, T.; OHTA, T. An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests. **Journal of Hydrology**, v. 313, n. 3, p. 208-220, 2005.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.

WANG, X.; ZHAO, X.; ZHANG, Z.; YI, L.; ZUO, L.; WEN, Q.; LIU, F.; XU, J.; HU, S.; LIU, B. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. **Catena**, v. 137, p. 256-268, 2016.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning**. United States Department of Agriculture, Washington. 58 p.

XU, X. L.; LIU, W.; KONG, Y. P.; ZHANG, K. L.; YU, B.; CHEN, J. D. Runoff and water erosion on road side-slopes: Effects of rainfall characteristics and slope length. **Transportation research part D: transport and environment**, v. 14, n. 7, p. 497-501, 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**, 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**, v. 6, 2016.

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**, v. 1, n. 2, p. 0107-0119, 2009.

ZHAO, W.; LIU, B. The response of sap flow in shrubs to rainfall pulses in the desert region of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 9, p. 1297-1306, 2010.

CAPÍTULO 2

5 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO INTERNA EM RELAÇÃO ÀS CARACTERÍSTICAS DA PRECIPITAÇÃO EXTERNA EM REGIÃO SEMIÁRIDA

RESUMO

Visando compreender as características da precipitação interna em uma região semiárida, e sua distribuição temporal ao longo de cada evento chuvoso, objetivou-se avaliar como o efeito interceptor da vegetação altera as características das chuvas que efetivamente chegam ao solo de uma área com vegetação de caatinga em regeneração. A pesquisa foi realizada em uma microbacia experimental no município de Iguatu, Ceará, com vegetação predominante Floresta Tropical Sazonal Seca (FTSS) - Caatinga arbóreo-arbustiva, em regeneração há 39 anos. Os dados foram coletados durante a estação chuvosa (janeiro a abril) de 2017, totalizando 30 eventos naturais de precipitação pluviométrica. A precipitação pluviométrica externa foi de 340,2 mm, enquanto a precipitação interna correspondeu a 254,6 mm (75% da altura pluviométrica). A vegetação promove uma redução no total da precipitação que chega efetivamente ao solo, gerando um aumento no tempo de duração da chuva, e menores intensidades máximas, expressando a importância da cobertura vegetal no controle dos processos de geração de escoamento e erosão hídrica. Para cada evento chuvoso ocorre um atraso temporal na precipitação interna, de modo que para precipitações pluviométricas $\leq 0,8$ mm nos 5 minutos iniciais da chuva, nenhum evento foi capaz de gerar precipitação interna; enquanto que, para os eventos com 20 minutos de duração, todos registraram precipitação interna. Embora o total precipitado seja a característica dominante, outros fatores interferem na variabilidade temporal da precipitação interna, existindo a necessidade de estudos mais detalhados em uma menor escala de tempo.

Palavras-chave: Floresta tropical sazonal seca - Caatinga. Variabilidade temporal da precipitação sob as árvores. Hidrologia florestal.

TEMPORAL DISTRIBUTION OF THROUGHFALL IN RELATION TO THE CHARACTERISTICS OF EXTERNAL PRECIPITATION IN A SEMI-ARID REGION

ABSTRACT

With a view to understanding the characteristics of throughfall in a semi-arid region, and its temporal distribution throughout each rainfall event, the aim of this study was to evaluate how the intercept effect of the vegetation changes the characteristics of the rains that effectively reach the soil in an area of caatinga vegetation under regeneration. The research was carried out in an experimental micro basin in the district of Iguatu, in the State of Ceará, with predominantly seasonally dry tropical forest (SDTF) vegetation - woody Caatinga, under regeneration for 39 years. Data were collected during the rainy season (January to April) of 2017, totalling 30 natural rainfall events. External rainfall was 340.2 mm, while throughfall was equal to 254.6 mm (75% of the rainfall depth). The vegetation causes a reduction in the total precipitation that effectively reaches the ground, generating an increase in rainfall duration, and lower maximum intensities, expressing the importance of the plant cover in controlling the processes of flow generation and water erosion. For each rainfall event there is a temporal delay in throughfall, so that for rainfall ≤ 0.8 mm during the first five minutes of rain, no event was able to generate throughfall, while throughfall was recorded for all events of 20 minutes' duration. Although total precipitation is the dominant characteristic, other factors interfere in the temporal variability of throughfall, and there is a need for more detailed studies on a smaller time scale.

Keywords: Seasonally dry tropical forest - Caatinga. Temporal variability of under-tree precipitation. Forest hydrology.

INTRODUÇÃO

Um bom entendimento sobre o particionamento das chuvas nos ecossistemas florestais é importante para os estudos que incidem sobre hidrologia florestal, ecohidrologia e para uma melhor gestão dos recursos hídricos (NANKO; HOTTA; SUZUKI, 2006; YOUSEFI *et al.*, 2018). Nos ambientes florestais, a precipitação interna representa o maior componente de entrada de precipitação na vegetação, afetando assim, os processos ecológicos e hidrológicos nos solos das florestas (NANKO *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2016).

As copas das árvores modificam a quantidade de chuva e a energia cinética das gotas que atingem a superfície do solo, que caracteristicamente têm grande variabilidade temporal e espacial (NANKO *et al.*, 2011; GOEBES *et al.*, 2015; LIU; LIU; ZHU, 2018). A variabilidade da precipitação interna diminui com o aumento da quantidade de precipitação, intensidade e duração da chuva (ZHANG *et al.*, 2016; KEIM; LINK, 2018). Essa diminuição provavelmente reflete a saturação gradual do dossel vegetal (CARLYLE-MOSES; LAUREANO; PRICE, 2004).

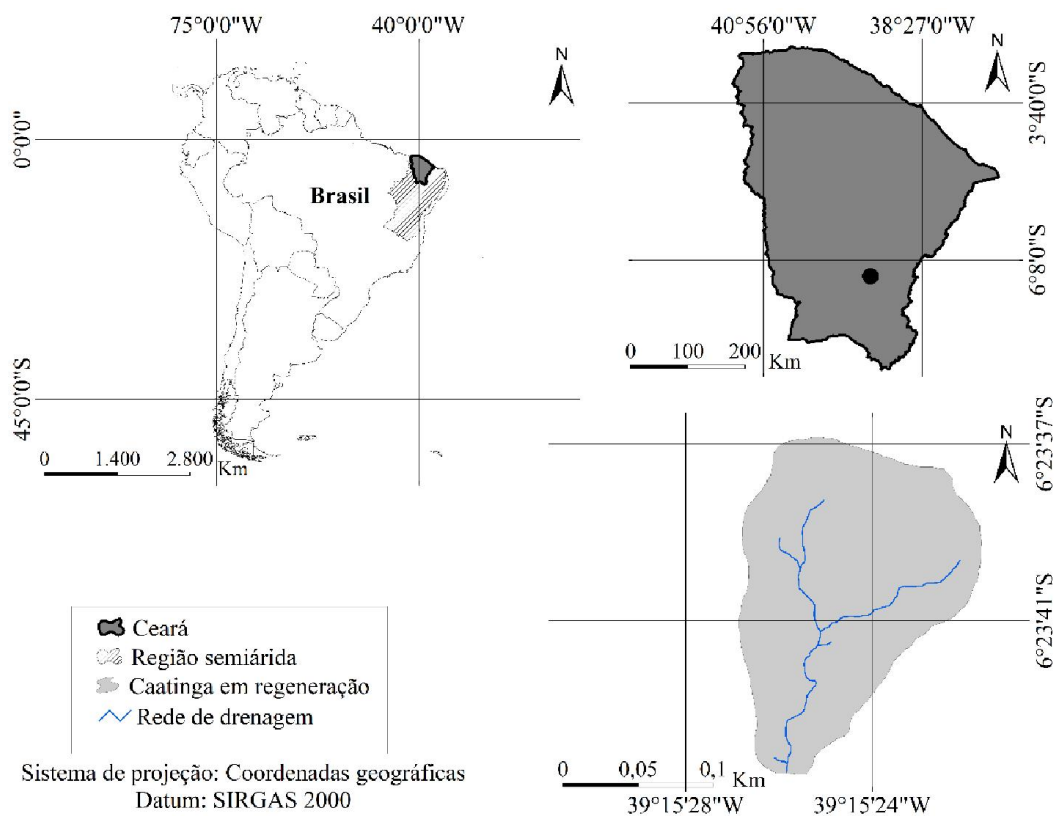
No entanto, a vegetação muda não só a quantidade de chuva e a energia cinética, mas também a distribuição da velocidade e tamanho das gotas que atingem o solo, como relato nas pesquisas de Nanko; Hotta; Suzuki (2006); Frasson; Krajewski (2011); Nanko *et al.* (2011); Nanko *et al.* (2013). Recentemente, Zabret *et al.* (2017a) e Zabret *et al.* (2017b) conseguiram estabelecer relações que explicam o início da precipitação interna em relação à precipitação externa, assim como o padrão temporal de distribuição da precipitação interna em diferentes espécies de árvores na Eslovênia. Contudo, este tipo de relação ainda não foi estabelecido nos ambientes áridos e semiáridos. Dessa forma, entender o comportamento da precipitação interna é de suma importância para uma melhor caracterização do ciclo hidrológico e biogeoquímico nesses ambientes.

Visando compreender as características da precipitação interna em uma região semiárida, e sua distribuição ao longo de cada evento chuvoso, o presente trabalho objetivou avaliar como o efeito interceptor da vegetação altera as características das chuvas que efetivamente chegam ao solo de uma área com vegetação de caatinga em regeneração.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma microbacia experimental situada em região de clima semiárido, no município de Iguatu, Ceará, Brasil, localizada entre as coordenadas geográficas 6°23'37" a 6°23'41" S e 39°15'24" a 39°15'28" W (Figura 10). A área monitorada tem como vegetação Caatinga arbóreo-arbustiva (Floresta Tropical Sazonal Seca - FSTS), em regeneração há 39 anos. O clima da região é do tipo BSw'h' (semiárido quente), com temperatura média sempre superior a 18 °C no mês mais frio. O índice de Aridez proposto por Thornthwaite (1948) classifica a região como semiárida (IA = 0,44). A evapotranspiração potencial média é de 1.988 mm ano⁻¹, e a precipitação média histórica no município de Iguatu é de 885 ± 304 mm (série histórica de 1927 a 2016).

Figura 10 - Localização da área experimental no Estado do Ceará, Brasil

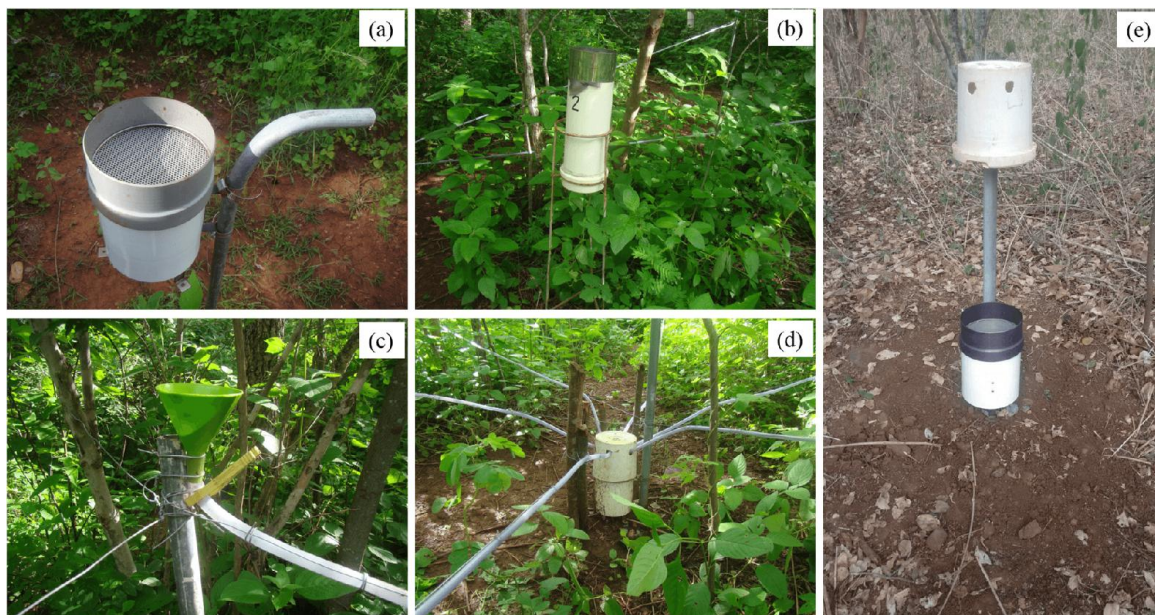


Fonte: Elaborado pelo autor.

As medidas de campo foram realizadas durante a estação chuvosa de 2017, entre os meses de janeiro a abril. Foram registrados 30 eventos naturais de precipitação pluviométrica, com chuva ≥ 1 mm. A precipitação na área aberta foi medida com um

pluviógrafo automático de cuba basculante modelo HOBO configurado para registrar até 0,2 mm de chuva por báscula, com um intervalo de aquisio de dados a cada 5 minutos (Figura 11a).

Figura 11 - Pluviógrafo para monitorar a precipitao pluviométrica externa (a), pluviômetro para medir a precipitao interna (b), funis que captam a precipitao interna até o pluviógrafo (c), e pluviógrafo para verificar a distribuio temporal da precipitao interna (d, e)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para se obter o padrão temporal da precipitao interna durante o período estudado, instalou-se um pluviógrafo automático de cuba basculante modelo HOBO, com aquisio de dados a cada 5 minutos (Figura 11d, 11e). Objetivando obter uma distribuio uniforme e mais representativa da precipitao interna, foram utilizados 4 funis de plástico (Figura 11c) conectados com mangueiras ao pluviógrafo de báscula (Figura 11d). Cada funil foi instalado, de forma que a área de coleta do mesmo ficasse a uma altura de 1,30 m do solo, padronizando assim a altura de coleta. O somatório da área de captao dos 4 funis corresponde exatamente  área de captao do pluviógrafo de báscula, não havendo assim necessidade de correo da precipitao final. Os dados de precipitao interna medidos pelos dez pluviômetros para cada evento (Figura 11b), serviu como referência aos dados do pluviógrafo de báscula.

De posse das medidas de campo, foram calculadas as intensidades médias (I , mm h^{-1}) de cada evento, as máximas intensidades ($I5$ ao $I60$ mm h^{-1}), duração da chuva (minutos), e altura pluviométrica total (mm), tanto para a precipitação total como para precipitação interna.

A energia cinética da chuva (EC), baseado na relação entre a intensidade e a distribuição das gotas das chuvas foi calculada pela equação de Wischmeier; Smith (1978), posteriormente modificada por Foster *et al.* (1981), equação 4:

$$EC = 0,119 + 0,0873 * \text{Log } I \quad (4)$$

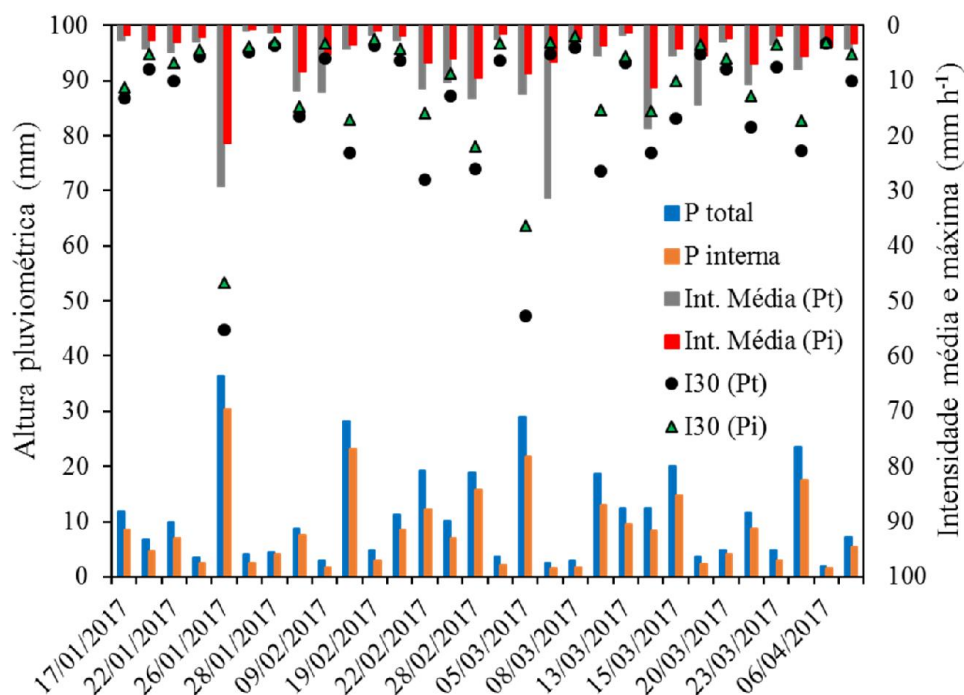
Onde: EC é a energia cinética da chuva, em ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$), e I , a intensidade da chuva, em (mm h^{-1}).

As análises dos dados foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 16.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 30 eventos naturais de precipitação no período estudado (janeiro a abril de 2017), totalizaram uma altura pluviométrica externa de 340,2 mm (Figura 12). Doze eventos (40%) não excederam 5 mm e 17% excederam 20 mm (5 eventos) (Figura 12), expressando uma frequência de pequenos eventos. A intensidade média da chuva variou entre 1,0 a 31,2 mm h^{-1} , enquanto a intensidade da precipitação interna oscilou de 0,6 a 21,4 mm h^{-1} (Figura 12, Tabela 6). Já a intensidade máxima da chuva em 30 minutos ($I30$) da precipitação externa e precipitação interna alternou-se entre os eventos (Figura 12), e teve valores médios de 14,7 e 10,7 mm h^{-1} (Tabela 6). Os eventos de precipitação com intensidade inferior a 20 mm h^{-1} representaram 93% da precipitação total, sendo que os maiores picos de intensidade média da chuva estão relacionados aos eventos de pequena duração.

Figura 12 - Distribuição temporal da altura pluviométrica externa, precipitação interna, intensidade média e intensidade máxima em 30 minutos para a área em estudo



P total - Precipitação pluviométrica externa (mm); P interna-Precipitação interna (mm); Int. Média (Pt) - Intensidade média da chuva externa (mm h^{-1}); Int. Média (Pi) - Intensidade média da precipitação interna (mm h^{-1}); I30 (Pt) – Intensidade máxima em 30 minutos da chuva externa; I30 (Pi) – Intensidade máxima em 30 minutos da chuva interna.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A média de precipitação para os 30 eventos foi de 11,3 mm (variando entre 2 e 36,4 mm), duração média de 132 minutos (oscilando entre 5 e 425 minutos) e intensidades médias (I5 ao I60) variando entre 30,6 a 8,8 mm h^{-1} (Tabela 6, Figura 13). A precipitação interna correspondeu a 254,6 mm (75% da altura pluviométrica), representando assim o maior componente da entrada da água precipitada no solo. Além disso, apresenta valores de intensidade média, energia cinética e intensidades máxima (I5 ao I60) inferiores a precipitação pluviométrica externa (Tabela 6, Figura 13), expressando a importância da cobertura vegetal no controle dos processos erosivos (LIMA *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2017).

Tabela 6 - Características dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna observados durante o período de estudo

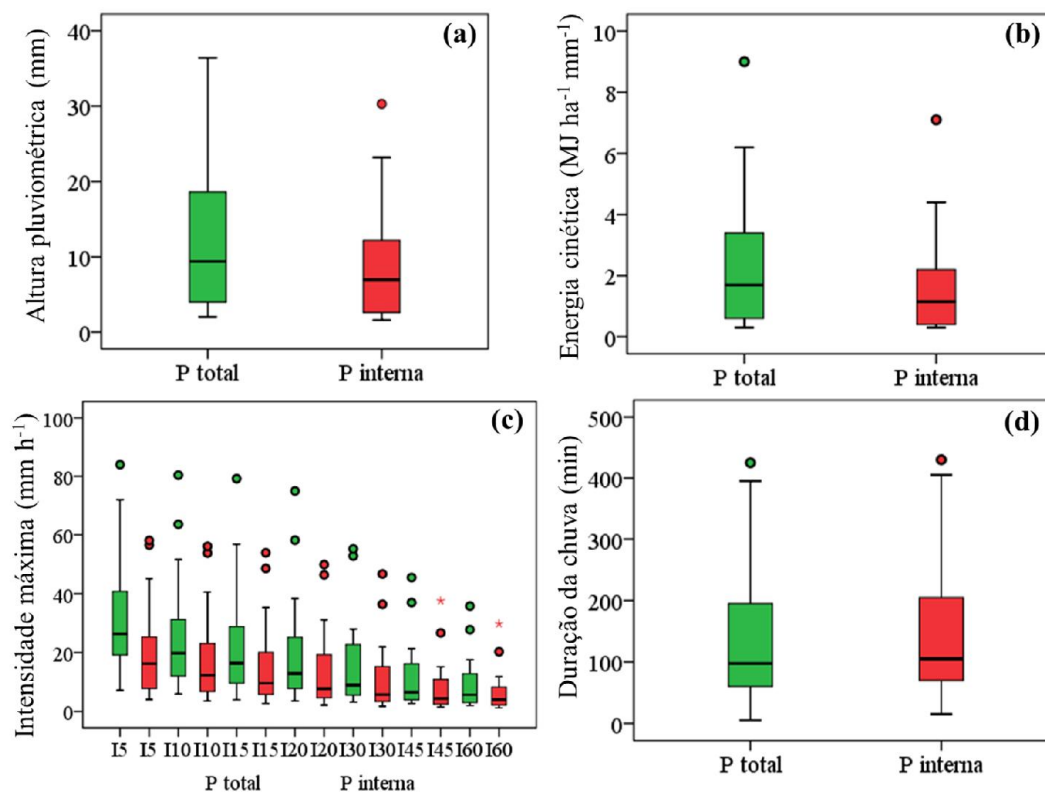
Parâmetros	Precipitação pluviométrica (mm)										
	P	Duração	Int. Média	EC	I5	I10	I15	I20	I30	I45	I60
Média	11,3	132	8,1	2,2	30,6	25,0	21,4	18,9	14,7	11,0	8,8
Máximo	36,4	425	31,2	9,0	84,0	80,4	79,2	75,0	55,2	45,5	35,8
Mínimo	2,0	5	1,0	0,3	7,2	6,0	4,0	3,6	3,2	2,7	2,0
DP	9,1	106,7	7,6	2,0	19,8	18,4	17,4	16,5	13,2	10,1	7,9
CV	0,8	0,8	0,9	0,9	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9

Parâmetros	Precipitação interna (mm)										
	P int	Duração	Int. Média	EC	I5	I10	I15	I20	I30	I45	I60
Média	8,5	139	4,8	1,5	19,7	16,8	14,6	12,9	10,4	7,9	6,4
Máximo	30,3	430	21,4	7,1	58,1	56,1	53,9	49,9	46,7	37,6	29,8
Mínimo	1,6	15	0,6	0,3	4,1	3,6	2,7	2,2	1,8	1,5	1,2
DP	7,3	107,2	4,2	1,6	14,8	13,9	12,9	12,1	10,3	7,9	6,2
CV	0,9	0,8	0,9	1,0	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0

P* - Precipitação pluviométrica externa (mm). P int – Precipitação interna (mm). D – Duração da chuva (min). Int. Média – Intensidade média da chuva (mm h^{-1}). EC – Energia cinética da chuva ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$). I5 a I60 – Intensidade máxima referente ao intervalo de tempo (mm h^{-1}).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Variabilidade temporal da altura pluviométrica (a), energia cinética (b), intensidades máximas I5 ao I60 (c) e duração da chuva (d) para o período estudado



P total* - Precipitação pluviométrica externa (mm). P interna – Precipitação interna (mm). I5 a I60 – Intensidade máxima referente ao intervalo de tempo (mm h^{-1}) da precipitação pluviométrica e interna.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A média de duração da precipitação interna foi de 139 minutos, com duração máxima de 430 minutos e mínimo de 15 minutos (Tabela 6, Figura 13d). Este maior tempo de duração da chuva da precipitação interna é em função das características da vegetação, que após cessar a chuva ainda continua a drenar água em direção ao solo em função da saturação do dossel (CARLYLE-MOSES; LAUREANO; PRICE, 2004) contribuindo para a redução da intensidade da chuva sob a vegetação.

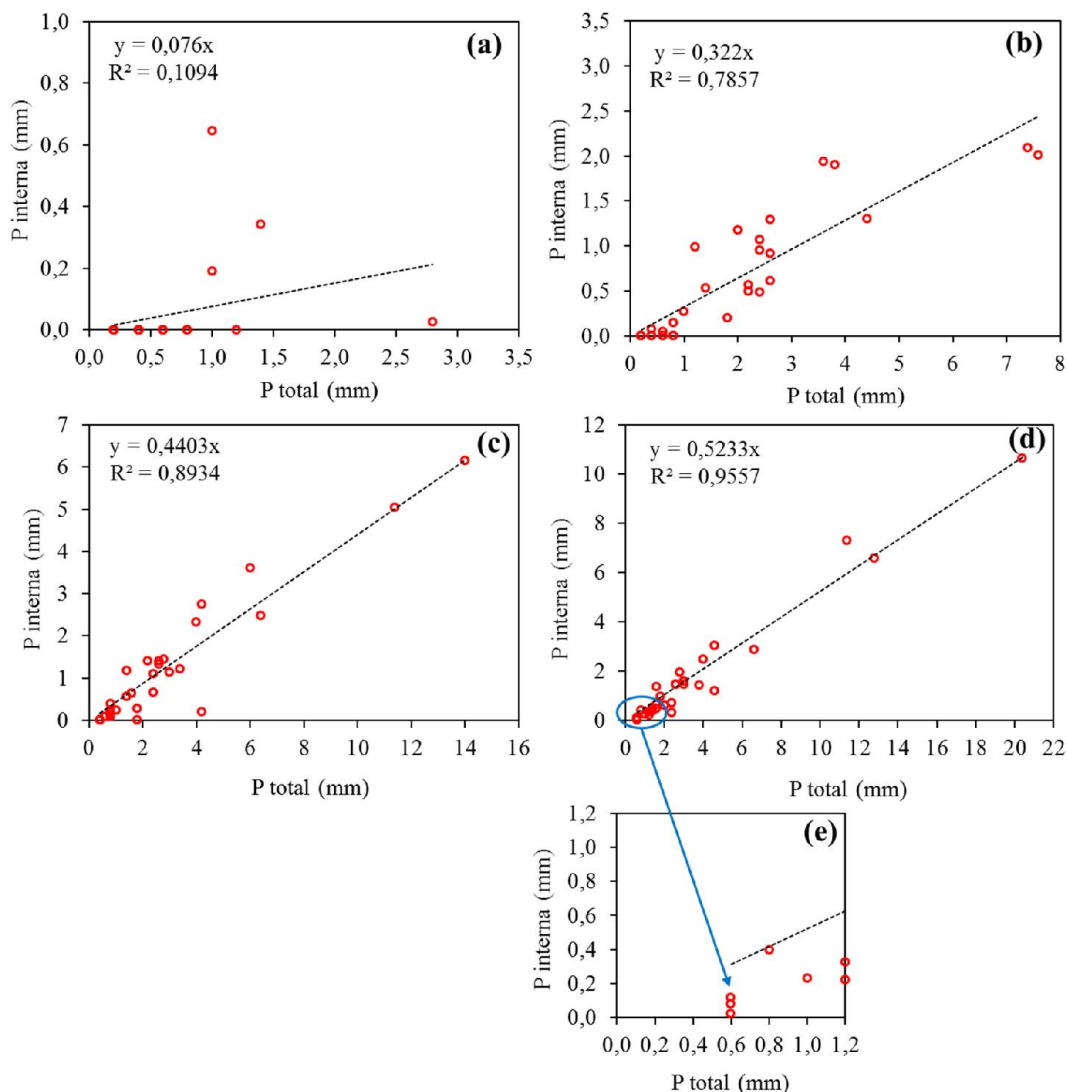
Em comparação com a variabilidade temporal da precipitação interna (Figura 13a), a energia cinética da precipitação interna (Figura 13b) também demonstrou ser variável, como visto nas pesquisas de Nanko *et al.* (2011); Goebes *et al.* (2015); Liu; Liu; Zhu (2018), ficando evidente o papel da vegetação na redução da energia cinética da chuva e da altura pluviométrica que atinge a superfície do solo. Estudos sobre as características da energia cinética da precipitação interna e sua variabilidade temporal é

um fator chave na compreensão dos ciclos hidrológicos, hidrossedimentológicos e ecológicos (GEIBLER *et al.*, 2012; RAMON *et al.*, 2017).

O encaminhamento das chuvas através das copas das árvores também causa variabilidade temporal nas intensidades máximas (15 ao 160 mm h⁻¹) da precipitação interna (Figura 13c). Os dados presentes na Figura 13 apontam que a vegetação promove uma redução no total da precipitação que chega efetivamente ao solo (Figura 13a), gerando ainda um aumento no tempo de duração da chuva (Figura 13d), e menores intensidade (Figura 13c). Assim, os resultados indicam que quanto maior a densidade da cobertura arbórea maior será a capacidade da vegetação em interceptar parte da água da chuva, dissipar a energia cinética e reduzir a intensidade da chuva que chegará ao solo. Estas características são determinantes nos processos de geração de escoamento e erosão hídrica, uma vez que quanto menor a intensidade da chuva, maior será a possibilidade de infiltração da água no solo, diminuindo a possibilidade de escoamento Hortoniano, que é predominante na região (MEDEIROS *et al.*, 2010; FIGUEIREDO *et al.*, 2016). Além disso, a relação entre a altura pluviométrica e a intensidade da precipitação interna (Figura 13) pode influenciar os processos ecohidrológicos nos solos florestais, como a distribuição espacial de água no solo (ZHANG *et al.*, 2013), recarga da água subterrânea (ZHANG *et al.*, 2016), geração de escoamento e erosão do solo (NANKO *et al.*, 2011).

Procurando entender o comportamento da vegetação na redistribuição da precipitação interna, os 30 eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna acumulada em 5, 10, 15 e 20 minutos no início de cada evento chuvoso foram correlacionados (Figura 14). De acordo com a Figura 14a, nos 5 minutos iniciais da chuva, existe precipitação interna se a precipitação pluviométrica for ≥ 1 mm. Ainda na figura 14a, 84% dos eventos com precipitação pluviométrica com altura $\leq 0,8$ mm não geraram precipitação interna. Quando a precipitação pluviométrica externa acumula 20 minutos de duração, todos os eventos registraram precipitação interna (Figura 14d). Contatou-se que entre esses eventos, três geraram precipitação interna com altura pluviométrica acumulada de 0,6 mm (Figura 14 d, e).

Figura 14 - Relação entre a precipitação externa e precipitação interna acumulada em 5 minutos (a), 10 minutos (b), 15 minutos (c) e 20 minutos (d, e) no início do evento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante das características dos eventos apresentados na (Figura 14), foram selecionados três eventos de precipitação, que ocorreram em 19 de janeiro, 25 de fevereiro e 15 de março de 2017 (Tabela 7), afim de analisar a distribuição temporal da precipitação interna. Foram utilizados os seguintes critérios de divisão: i) precipitação pluviométrica ≥ 1 mm nos 5 minutos iniciais da chuva que geram precipitação interna; ii) precipitação pluviométrica com altura $\leq 0,8$ mm nos primeiros 5 minutos e que não geram precipitação interna; iii) altura pluviométrica acumulada de 0,6 mm nos 20 primeiros minutos iniciais da chuva que geram precipitação interna.

Tabela 7 - Propriedades dos eventos de chuva selecionados e respectivos valores de precipitação interna (%)

Eventos	Precipitação pluviométrica				Precipitação interna				
	P	D	Int	EC	P int	P int	D	Int	EC
19/01/2017	6,8	95	4,3	1,2	4,8	69,9	105	2,7	0,8
25/02/2017	10,2	60	10,2	2,1	7,0	68,9	70	6,0	1,3
15/03/2017	20,0	225	5,3	3,6	14,9	74,4	215	4,2	2,6

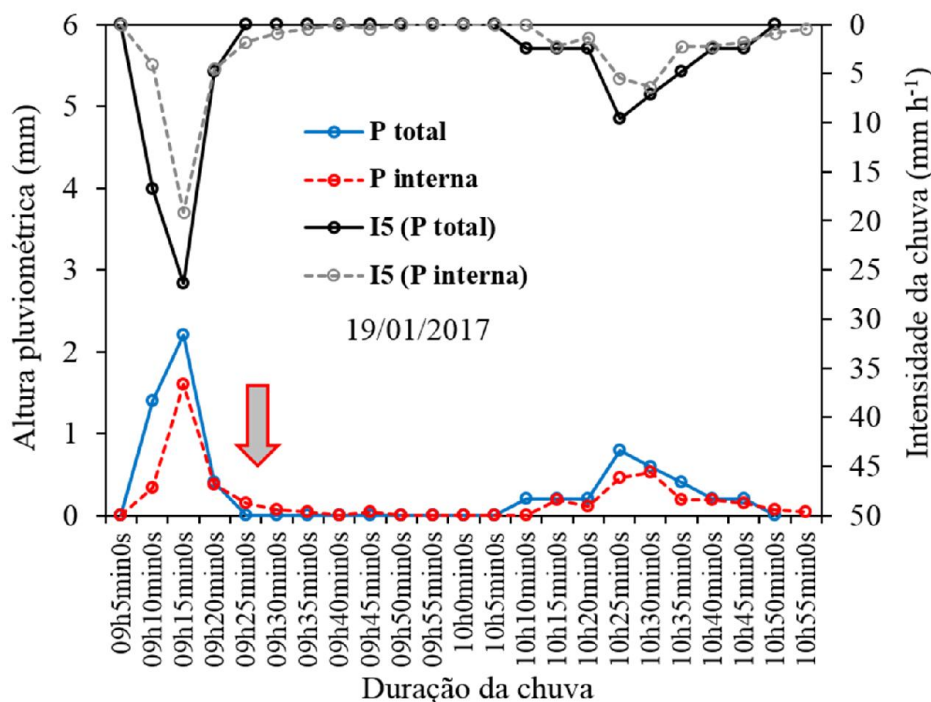
P* - Precipitação pluviométrica externa (mm). P int – Precipitação interna (mm e %). D – Duração da chuva (min). Int – Intensidade média da chuva (mm h⁻¹). EC – Energia cinética da chuva (MJ ha⁻¹ mm⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor.

O evento de 19 de janeiro de 2017 (Tabela 7) foi caracterizado por registrar uma maior altura pluviométrica nos primeiros 20 minutos de início da chuva (Figura 15). Embora 30% do total precipitado tenha sido interceptado, a precipitação interna segue um comportamento similar da distribuição temporal, tanto na altura pluviométrica como na intensidade máxima em 5 minutos.

Neste evento, a precipitação interna iniciou simultaneamente com a precipitação pluviométrica (Figura 15, Tabela 8). Esta constatação é válida para os eventos ocorridos em 17/01, 19/01 e 28/01/2017 que registraram nos primeiros 5 minutos do início da chuva precipitação pluviométrica igual ou superior a 1 mm (Figura 16). A maior intensidade da precipitação no início do evento resulta em uma saturação mais rápida do dossel vegetal (ZABRET *et al.* 2017a), principalmente quando a vegetação está desenvolvendo suas folhas, assim a planta não consegue reter toda a água sobre as folhas. Entre os eventos que apresentaram ($P \geq 1$ mm) nos primeiros 5 minutos, destacam-se dois (10/03 e 24/03/2017) que foram incertos quanto a geração de precipitação interna (Figura 14, Figura 16). Este comportamento é atribuído a época em que ocorreu os dois eventos, pois no mês de março há melhores condições para o surgimento da folhagem jovem, ocasionando a interceptação da chuva pela vegetação.

Figura 15 - Comportamento da precipitação pluviométrica externa versus precipitação interna para o evento (19/01/2017) em intervalo de tempo de 5 minutos



P total* - Precipitação pluviométrica externa (mm). P interna – Precipitação interna (mm). I5 (P total) – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação pluviométrica (mm h⁻¹). I5 (P interna) – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação interna (mm h⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor.

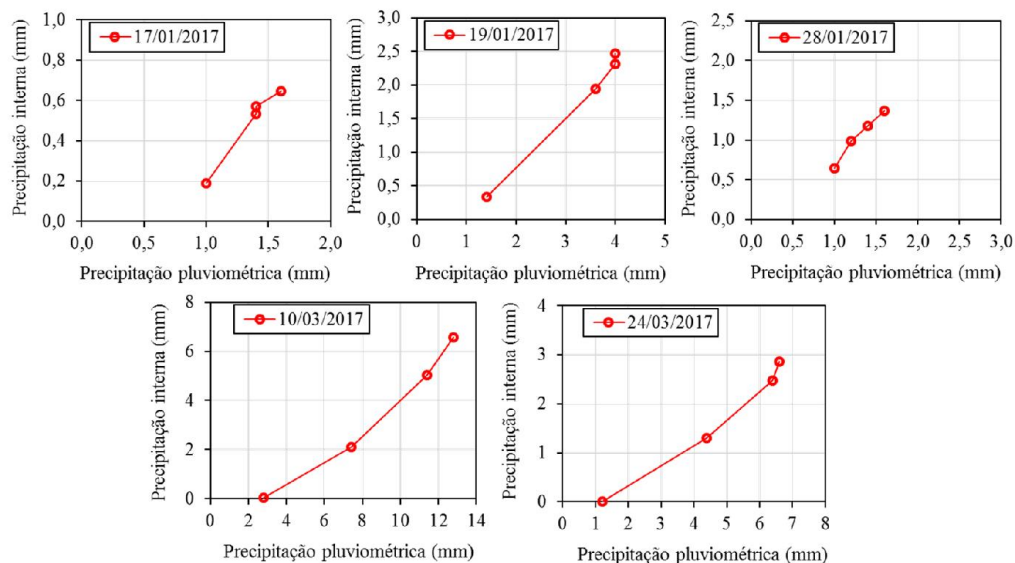
Tabela 8 - Tempo de início da precipitação pluviométrica externa e precipitação interna para o evento (19/01/2017) e respectivas intensidades máximas em 5 minutos

Tempo (início do evento)	P	P acumulada	I5	P inter	P int acumulada	I5
09h10min	1,4	1,4	16,8	0,3	0,3	4,1
09h15min	2,2	3,6	26,4	1,6	1,9	19,2
09h20min	0,4	4,0	4,8	0,4	2,3	4,6
09h25min	0,0	4,0	0,0	0,2	2,5	1,8

P * - Precipitação pluviométrica externa (mm). P acumulada* - Precipitação pluviométrica acumulada (mm). I5 – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação pluviométrica e interna (mm h⁻¹). P inter – Precipitação interna (mm). P inter acumulada* - Precipitação interna acumulada (mm)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 - Relação dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna acumulada nos 5 minutos iniciais da chuva com ($P \geq 1$ mm)



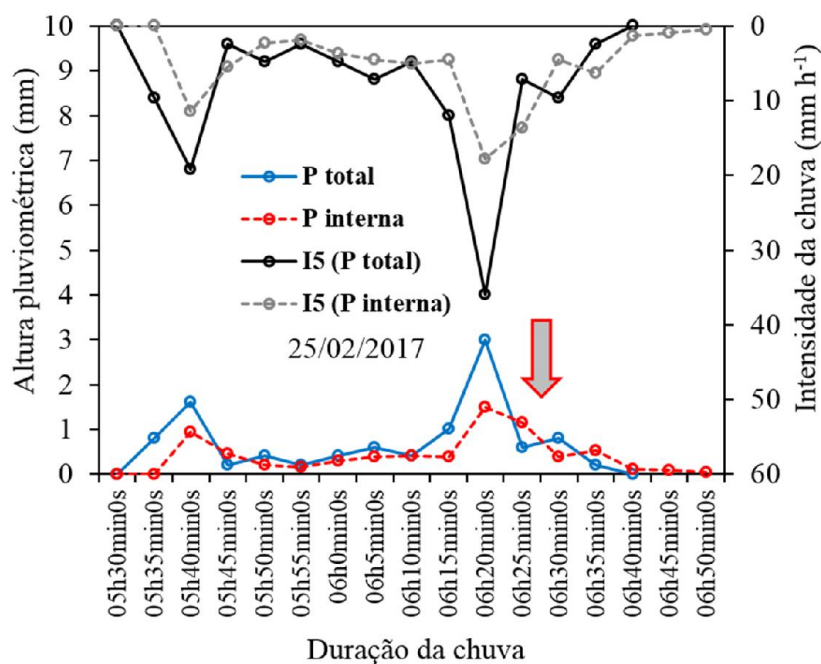
Fonte: Elaborado pelo autor.

A precipitação interna manteve-se abaixo da precipitação total até as 09h20min (Figura 15). A partir deste instante ocorreu a diminuição da precipitação externa, e ao mesmo tempo, a altura da precipitação interna passa a ser superior (9h25min) até o tempo de 09h30min. Este comportamento é devido ao grande número de gotas de chuva e ao diâmetro de queda da precipitação interna, resultando que em uma parte do evento se observa mais chuvas sob as árvores do que no aberto, devido a saturação do dossel vegetal (NANKO; HOTTA; SUZUKI, 2006; FRASSON; KRAJEWSKI, 2011; ZABRET *et al.*, 2017a; ZABRET *et al.*, 2017b). Além disso, o término da precipitação interna e da intensidade máxima em 5 minutos para o evento do dia 19 de janeiro de 2017 foi de 10 minutos após cessar a precipitação externa (Tabela 7, Figura 15), sendo este comportamento associada ao armazenamento de água no dossel (NANKO; HOTTA; SUZUKI, 2006).

O evento ocorrido em 25 de fevereiro de 2017 (Tabela 7) é caracterizado por apresentar uma altura pluviométrica de 10,2 mm e uma precipitação interna de 7 mm, representando 68,9% da precipitação total, uma menor duração quando comparado com os outros dois eventos, maior intensidade média e concentração da precipitação pluviométrica no final do evento (Tabela 7, Figura 17). Este evento é representativo das precipitações pluviométricas com altura $\leq 0,8$ mm nos primeiros 5 minutos e que não

geraram precipitação interna neste intervalo de tempo (Tabela 9, Figura 14, Figura 18). De acordo com Zabret *et al.* (2017a) grandes gotas de chuva podem ser interceptadas no início dos eventos de chuva quando a cobertura vegetal ainda não está saturada. Com a continuidade do evento a capacidade de armazenamento do dossel é alcançada e as perdas por interceptação diminuem (NANKO *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2016).

Figura 17 - Comportamento da precipitação pluviométrica externa versus precipitação interna para o evento (25/02/2017) em intervalo de tempo de 5 minutos



P total* - Precipitação pluviométrica externa (mm). P interna – Precipitação interna (mm). I5 (P total) – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação pluviométrica (mm h⁻¹). I5 (P interna) – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação interna (mm h⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor.

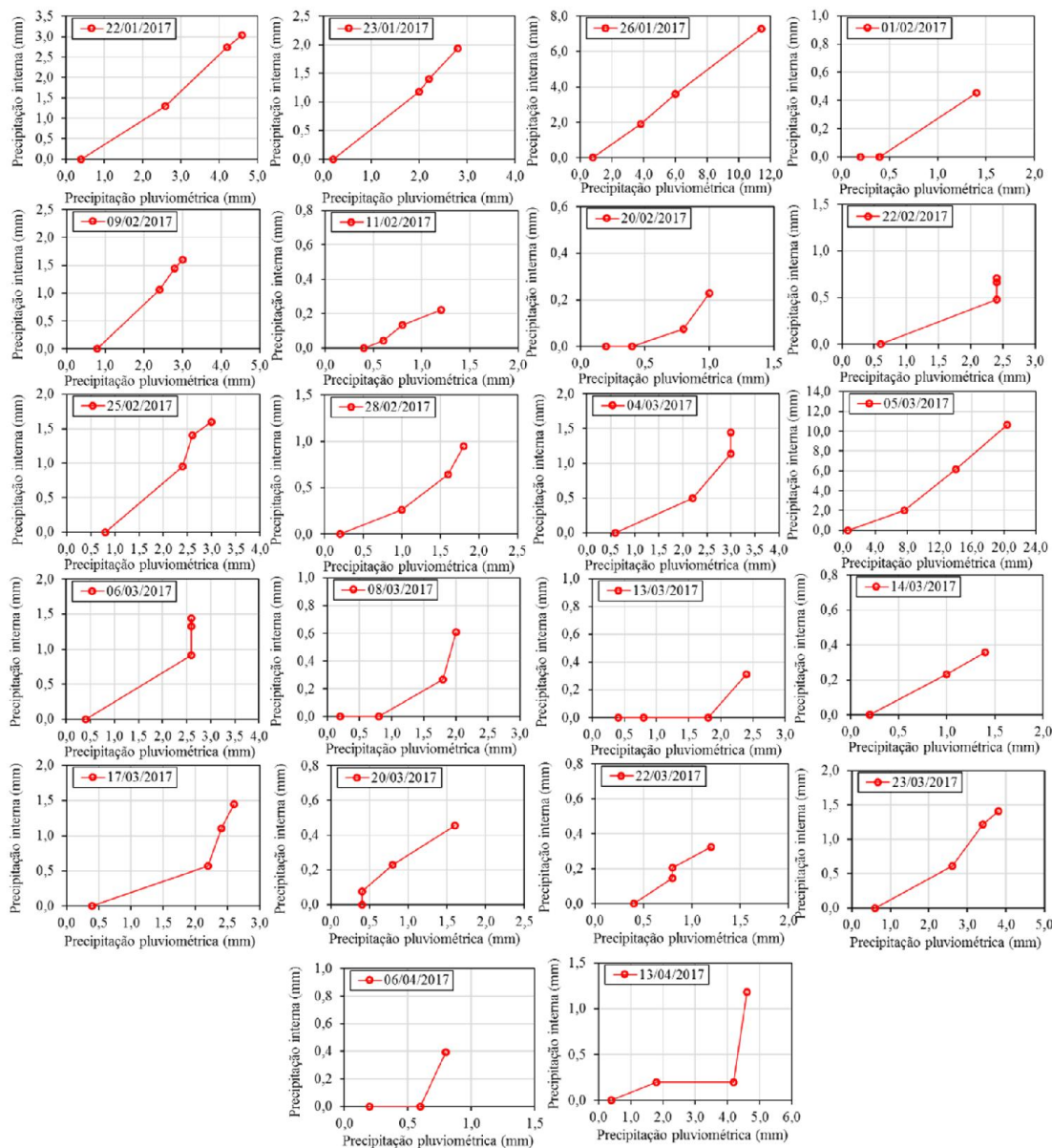
Tabela 9 - Tempo de início da precipitação pluviométrica externa e precipitação interna para o evento (25/02/2017) e respectivas intensidades máximas em 5 minutos

Tempo (início do evento)	P	P acumulada	I5	P inter	P int acumulada	I5
05h35min	0,8	0,8	9,6	0,0	0,0	0,0
05h40min	1,6	2,4	19,2	1,0	1,0	11,4
05h45min	0,2	2,6	2,4	0,5	1,4	5,5
05h50min	0,4	3,0	4,8	0,2	1,6	2,3

P * - Precipitação pluviométrica externa (mm). P acumulada* - Precipitação pluviométrica acumulada (mm). I5 – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação pluviométrica e interna (mm h⁻¹). P inter – Precipitação interna (mm). P inter acumulada* - Precipitação interna acumulada (mm)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Relação dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna acumulada nos 5 minutos iniciais da chuva com ($P \leq 0,8$ mm)



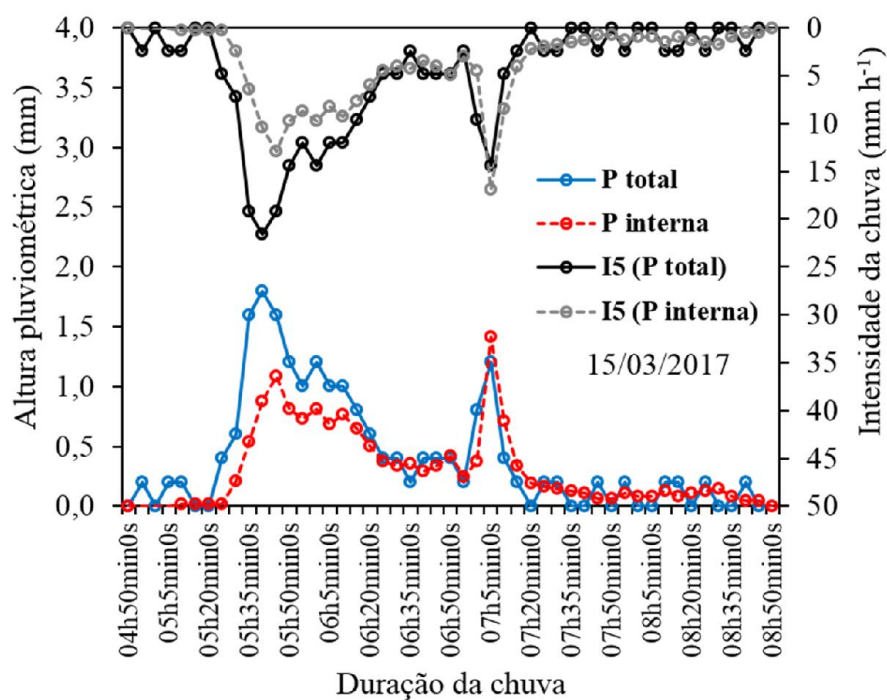
Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o intervalo de tempo (06h15min-06h20min) verifica-se um aumento na altura pluviométrica, e logo em seguida, as 06h25min a precipitação interna foi

superior à precipitação total, porém, as 06h30min a precipitação externa voltou a ser superior (Figura 17). Com relação ao término da chuva, observa-se que a precipitação interna teve um tempo de resposta de 10 minutos a mais que na precipitação total (Tabela 7).

O terceiro evento foi caracterizado por apresentar uma altura pluviométrica acumulada de 0,6 mm nos 20 primeiros minutos no início da chuva e registrar precipitação interna (Figura 19, Tabela 10). Este evento é representativo das precipitações pluviométricas com altura pluviométrica acumulada de 0,6 mm (Figura 14, figura 20). Em divergência aos eventos ocorridos com ($P \leq 0,8$ mm), este registrou precipitação interna por causa da precipitação acumulada distribuída ao longo do tempo 04h55min-05h10min (Figura 19, Tabela 10) na qual, favoreceu o molhamento gradativo do dossel.

Figura 19 - Comportamento da precipitação pluviométrica externa versus precipitação interna para o evento (15/03/2017) em intervalo de tempo de 5 minutos



P total* - Precipitação pluviométrica externa (mm). P interna – Precipitação interna (mm). I5 (P total) – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação pluviométrica (mm h⁻¹). I5 (P interna) – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação interna (mm h⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor.

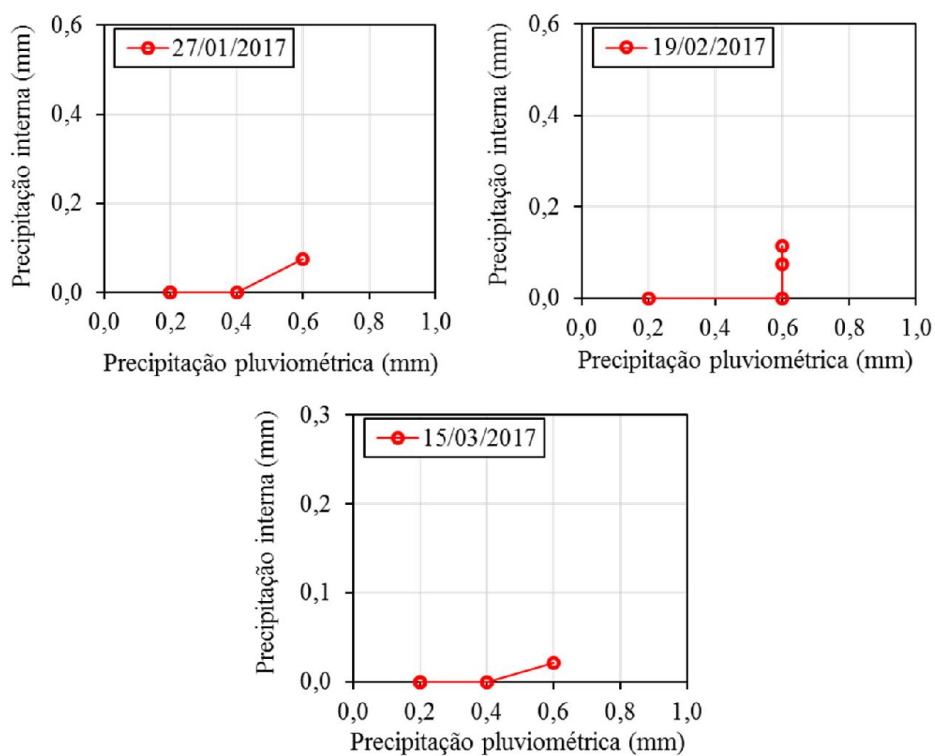
Tabela 10 - Tempo de início da precipitação pluviométrica externa e precipitação interna para o evento (15/03/2017) e respectivas intensidades máximas em 5 minutos

Tempo (início do evento)	P	P acumulada	I5	P inter	P int acumulada	I5
04h55min	0,2	0,2	2,4	0,0	0,0	0,0
05h00min	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
05h05min	0,2	0,4	2,4	0,0	0,0	0,0
05h10min	0,2	0,6	2,4	0,02	0,02	0,2

P * - Precipitação pluviométrica externa (mm). P acumulada* - Precipitação pluviométrica acumulada (mm). I5 – Intensidade máxima em 5 minutos referente a precipitação pluviométrica e interna (mm h⁻¹). P inter – Precipitação interna (mm). P inter acumulada* - Precipitação interna acumulada (mm)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 - Relação dos eventos de precipitação pluviométrica externa e precipitação interna acumulada nos 20 minutos iniciais da chuva com (P = 0,6 mm)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar esses três eventos, verificou-se que só há precipitação interna depois que a precipitação pluviométrica totaliza aproximadamente 0,5-1,0 mm. Essa

constatação concorda com o estudo realizado por Medeiros; Araújo; Bronstert (2009) em uma região semiárida no Estado do Ceará, em que a capacidade de armazenamento do dossel embora seja baixa, a evaporação esvazia o dossel e permite interceptar mais água.

CONCLUSÕES

A cobertura vegetal reduz a quantidade de água que chega efetivamente ao solo, provocando uma variabilidade temporal na distribuição da precipitação interna ao longo de cada evento.

Para cada evento chuvoso ocorre um atraso temporal na precipitação interna, de modo que para precipitações pluviométricas $\leq 0,8$ mm nos 5 minutos iniciais da chuva, nenhum evento foi capaz de gerar precipitação interna; enquanto que, para os eventos com 20 minutos de duração, todos registraram precipitação interna.

Embora o total precipitado seja a característica dominante, outros fatores interferem na variabilidade temporal da precipitação interna, existindo a necessidade de estudos mais detalhados em uma menor escala de tempo.

REFERÊNCIAS

CARLYLE-MOSES, D. E.; LAUREANO, J. S. F.; PRICE, A. G. Throughfall and throughfall spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico. **Journal of Hydrology**, v. 297, n. 1-4, p. 124-135, 2004.

FIGUEIREDO, J. V.; ARAÚJO, J. C.; MEDEIROS, P. H. A.; COSTA, A. C. Runoff initiation in a preserved semiarid Caatinga small watershed, Northeastern Brazil. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 13, p. 2390-2400, 2016.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENATO, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conservation of the Universal Soil Loss Equation the SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 355-359, 1981.

FRASSON, R. P. M.; KRAJEWSKI, W. F. Characterization of the drop-size distribution and velocity-diameter relation of the throughfall under the maize canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, n. 9, p. 1244-1251, 2011.

GOEBES, P.; SEITZ, S.; KÜHN, P.; LI, Y.; NIKLAUS, P. A.; VON OHEIMB, G.; SCHOLTEN, T. Throughfall kinetic energy in young subtropical forests: investigation on tree species richness effects and spatial variability. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 213, p. 148-159, 2015.

GEIBLER, C.; LANG, A. C.; VON OHEIMB, G. V.; HÄRDTLE, W.; BARUFFOL, M.; SCHOLTEN, T. Impact of tree saplings on the kinetic energy of rainfall—the importance of stand density, species identity and tree architecture in subtropical forests in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 156, p. 31-40, 2012.

KEIM, R. F.; LINK, T. E. Linked spatial variability of throughfall amount and intensity during rainfall in a coniferous forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 15-21, 2018.

LIMA, C. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; BRASIL, P. P. Characteristics of rainfall and erosion under natural conditions of land use in semi-arid regions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1222-1229, 2013.

LIU, J.; LIU, W.; ZHU, K. Throughfall kinetic energy and its spatial characteristics under rubber-based agroforestry systems. **Catena**, v. 161, p. 113-121, 2018.

MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO, J. C.; BRONSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semiarid region. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v.40, n.2, p.165–174, 2009.

MEDEIROS P. H. A.; GÜNTNER A.; FRANKE T.; MAMEDE G. L.; ARAÚJO J. C. Modelling spatio-temporal patterns of sediment yield and connectivity in a semi-arid catchment with the WASA-SED model. **Hydrological Sciences Journal**, v. 55, p. 636–648, 2010.

NANKO, K.; HOTTA, N.; SUZUKI, M. Evaluating the influence of canopy species and meteorological factors on throughfall drop size distribution. **Journal of Hydrology**, v. 329, n. 3-4, p. 422-431, 2006.

NANKO, K.; ONDA, Y.; ITO, A.; MORIWAKI, H. Spatial variability of throughfall under a single tree: experimental study of rainfall amount, raindrops, and kinetic energy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, n. 9, p. 1173-1182, 2011.

NANKO, K.; WATANABE, A.; HOTTA, N.; SUZUKI, M. Physical interpretation of the difference in drop size distributions of leaf drips among tree species. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 169, p. 74-84, 2013.

RAMON, R.; MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; BARROS, C. A. P.; CANALE, T. Kinetic energy estimation by rainfall intensity and its usefulness in predicting hydrosedimentological variables in a small rural catchment in southern Brazil. **Catena**, v. 148, p. 176-184, 2017.

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Effect of Rainfall Characteristics on Runoff and Water Erosion for Different Land Uses in a Tropical Semiarid Region. **Water Resources Management**, v. 31, p. 173-185, 2017.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning**. United States Department of Agriculture, Washington. 58 p.

YOUSEFI, S.; SADEGHI, S. H.; MIRZAEI, S.; VAN DER PLOEG, M.; KEESSTRA, S.; CERDÀ, A. Spatio-temporal variation of throughfall in a hyrcanian plain forest stand in Northern Iran. **Journal of Hydrology and Hydromechanics**, v. 66, n.1, p. 97-106, 2018.

ZABRET, K.; RAKOVEC, J.; MIKOŠ, M.; ŠRAJ, M.; Influence of Raindrop Size Distribution on Throughfall Dynamics under Pine and Birch Trees at the Rainfall Event Level. **Atmosphere**, v. 8, n. 8, p. 240, 2017a.

ZABRET, K.; RAKOVEC, J.; ŠRAJ, M. Evaluation of Drop Size Distribution Impact on Rainfall Interception by Trees. **Proceedings**, v. 1, n. 5, p. 117, 2017b.

ZHANG, Y. F.; WANG, X. P.; HU, R.; PAN, Y. X.; ZHANG, H. Stemflow in two xerophytic shrubs and its significance to soil water and nutrient enrichment. **Ecological Research**, v. 28, n. 4, p. 567-579, 2013.

ZHANG, Y. F.; WANG, X. P.; HU, R.; PAN, Y. X. Throughfall and its spatial variability beneath xerophytic shrub canopies within water-limited arid desert ecosystems. **Journal of Hydrology**, v. 539, p. 406-416, 2016.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da Análise da Componente Principal (ACP) constatou-se que a perda por interceptação (I) é significativa com todas as variáveis, e é composta pela seguinte sequência de contribuição: $P > EC > I60 > I45 > I30 > I20 > I15 > I10 > I5 > D >$ intensidade média. Além disto, os valores da intensidade máxima em 30 minutos (I30) para a região semiárida em estudo é a que melhor oferece poder de explicação em estudos de perdas por interceptação.

A Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH) foi utilizada na definição de possíveis grupos similares quanto a interceptação e as variáveis pluviométricas determinantes da mesma. A classe de chuva I agrupou eventos de baixa altura pluviométrica, baixa I30, baixa ocorrência de eventos e as maiores perdas por interceptação (média de 30,6%). Já a classe de chuva III apresentou as menores perdas por interceptação (média de 13,5%), sendo composta por eventos de maiores alturas pluviométricas, alta intensidade e média ocorrência.

Os maiores percentuais de precipitação interna (79,8%) e escoamento pelo tronco (7,2%) foram verificados na classe de chuva III, a qual concentrou as maiores alturas pluviométricas e intensidades. Para os sete anos de estudo a precipitação interna, o escoamento pelo tronco e as perdas por interceptação vegetal foram da ordem de 78,8%, 6,6% e 14,6% da precipitação pluviométrica total, respectivamente, concordando com as pesquisas desenvolvidas em diferentes condições climáticas.

A vegetação provoca uma redução no total da precipitação que chega efetivamente ao solo, na intensidade média, na energia cinética e nas intensidades máximas (I5 ao I60) e gera um aumento no tempo de duração da chuva, expressando a importância da cobertura vegetal no controle dos processos erosivos.

Para cada evento chuvoso ocorre um atraso temporal, de modo que, para precipitações pluviométricas ≥ 1 mm nos 5 minutos iniciais da chuva, existe precipitação interna; quando a precipitação pluviométrica é $\leq 0,8$ mm nos 5 minutos iniciais da chuva, nenhum evento gera precipitação interna; enquanto que, para os eventos com 20 minutos de duração, todos registraram precipitação interna.

RECOMENDAÇÕES

Monitorar as perdas por interceptação do extrato herbáceo, com intuito de entender o papel dessa vegetação na distribuição temporal de água até a superfície do solo, bem como a manutenção da umidade do solo e geração de escoamento superficial;

Sugere-se uma investigação detalhada da distribuição temporal da precipitação interna em escala de tempo menor (a cada minuto), para obtenção de resultados exatos que expliquem o início da precipitação interna;

Instalar na área de estudo um disdrômetro a laser, com as seguintes perspectivas:

1. Saber o diâmetro e velocidade com que a gota da chuva atinge o solo sob diferentes tipos de coberturas vegetais, servindo de base para o entendimento dos processos hidrológicos;

2. Calcular a energia cinética das chuvas sob vegetação de caatinga.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó-RN, Brasil, **Revista Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 615-623, 2005.
- AMORIM, L. B. **Status hídrico de solo e planta em ambiente semiárido associado com a interceptação pluvial**. 2013. 100 f. Tese-Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- ALBUQUERQUE A. W.; LOMBARDI NETO F.; SRINIVASAN V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 121-128, 2001.
- ALVES, L. I. F.; SILVA, M. M. P.; VASCONCELOS, K. J. C. Visão de Comunidades Rurais em Juazeirinho/PB Referente a Extinção da Biodiversidade da Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 180-186, 2009.
- ANDRADE, E. M.; SENA, M. G. T.; SILVA, A. G. R.; PEREIRA, F. J. S.; LOPES, F. B. Uncertainties of the rainfall regime in a tropical semi-arid region: the case of the State of Ceará. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 88-95, 2016.
- ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. Q. 2010. **O semiárido cearense e suas águas**. In: Andrade, E. M.; Pereira, O. J.; Dantas, F. E. R. (Eds.) O Semiárido e o manejo dos recursos naturais. Fortaleza: Imprensa Universitária, cap. 3, pp 56-80.
- ANDRADE, A. P.; COSTA, R. G.; SILVA, D. S.; LACERDA, A. V.; ARAÚJO, J. S. 2010. **A caatinga como suporte forrageiro: desafios para exploração sustentável**. In: Andrade, E. M.; Pereira, O. J.; Dantas, F. E. R. (Eds.) O Semiárido e o manejo dos recursos naturais. Fortaleza: Imprensa Universitária, cap. 4, pp 81-105.
- 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**, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.
- BATISTA, J. L. O.; SANTOS, R. L. A caracterização do uso e ocupação do solo de uma zona semiárida entre 1993 a 2008 através da classificação supervisionada Maxver: o caso do município de Teofilândia, Bahia (BA)-Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, v. 54 n. 1, p. 99-111, 2013.
- 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**, v. 25, n. 2, p. 407-413, 2014.
- CARLYLE-MOSES, D. E. Throughfall, stemflow and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community. **Journal of Arid Environments**, v. 58, n. 2, p. 181-202, 2004.

- CALDER, I. R. Dependence of rainfall interception on drop size: 1. Development of the two-layer stochastic model. **Journal of Hydrology**, v. 185, n. 1, p. 363-378, 1996.
- CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N. B.; SILVEIRA, C. S.; LEMOS, W. E. D.; PORTO, V. C. Análise da modelagem dinâmica da precipitação em uma bacia hidrográfica no semiárido. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, v. 1, 2013.
- CALUX, J.; THOMAZ, E. L. Intercepção e precipitação interna: comparação entre floresta ombrófila mista e Pinus elliottii var. elliottii. **Geoambiente On-line**, n. 19, p. 24-39, 2012.
- CAVALCANTE, H. M. B. **Mudança do uso da terra e efeitos ecohidrológicos em área de caatinga e pastagem no semiárido pernambucano**. 2016. 77 f. Dissertação-Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2016.
- CHEN, Y. Y.; LI, M. H. Quantifying Rainfall Interception Loss of a Subtropical Broadleaved Forest in Central Taiwan. **Water**, 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**, v. 14, n. 16-17, p. 2903-2920, 2000.
- DUNKERLEY, D. Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. **Hydrological Processes**, n. 14, p. 669-678, 2000.
- DUNKERLEY, D. Intra-storm evaporation as a component of canopy interception loss in dryland shrubs: observations from Fowlers Gap, Australia. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 12, p. 1985-1995, 2008.
- 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**, 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**, v. 29, n. 15, p. 3294-3305, 2015.
- FATHIZADEH, O.; ATTAROD, P.; PYPKER, T. G.; DARVISHSEFAT, A. A.; ZAHEDI AMIRI, G. Seasonal variability of rainfall interception and canopy storage capacity measured under individual oak (*Quercus brantii*) trees in Western Iran. **Journal of Agricultural Science and technology**, v. 15, n. 1, p. 175-188, 2013.
- FATHIZADEH, O.; HOSSEINI, S. M.; ZIMMERMANN, A.; KEIM, R. F.; DARVISHI, B. A. Estimating linkages between forest structural variables and rainfall interception parameters in semi-arid deciduous oak forest stands. **The Science of the total environment**, v. 601, p. 1824, 2017.

FIGUEIREDO, J. V.; ARAÚJO, J. C.; MEDEIROS, P. H. A.; COSTA, A. C. Runoff initiation in a preserved semiarid Caatinga small watershed, Northeastern Brazil. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 13, p. 2390-2400, 2016.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENATO, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conservation of the Universal Soil Loss Equation the SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 355-359, 1981.

FUNDAJ - Fundação Joaquim Nabuco. **Caracterização do Semiárido Brasileiro**. Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1122%3Acaracterizacao-do-semi-arido&catid=75&Itemid=717. Acesso em: 6. jul. 2016.

FRASSON, R. P. M.; KRAJEWSKI, W. F. Characterization of the drop-size distribution and velocity-diameter relation of the throughfall under the maize canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, n. 9, p. 1244-1251, 2011.

GUERREIRO, M. J. S.; ANDRADE, E. M.; ABREU, I.; LAJINHA, T. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 33, n. 14, p. 2929-2939, 2013.

GOEBES, P.; SEITZ, S.; KÜHN, P.; LI, Y.; NIKLAUS, P. A.; VON OHEIMB, G.; SCHOLTEN, T. Throughfall kinetic energy in young subtropical forests: investigation on tree species richness effects and spatial variability. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 213, p. 148-159, 2015.

GEIBLER, C.; LANG, A. C.; VON OHEIMB, G. V.; HÄRDTLE, W.; BARUFFOL, M.; SCHOLTEN, T. Impact of tree saplings on the kinetic energy of rainfall—the importance of stand density, species identity and tree architecture in subtropical forests in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 156, p. 31-40, 2012.

GEIBLER, C., NADROWSKI, K., KÜHN, P., BARUFFOL, M., BRUELHEIDE, H., SCHMID, B., & SCHOLTEN, T. Kinetic energy of throughfall in subtropical forests of SE China—effects of tree canopy structure, functional traits, and biodiversity. **PloS one**, v. 8, n. 2, p. e49618, 2013.

HORTON, R. E. Rainfall interception. **Monthly Weather Review**, vol. 47, n. 9, p. 603-623, 1919.

HÖLSCHER, D.; SÁ, T. D. A.; MÖLLER, R. F.; DENICH, M.; FÖLSTER, H. Rainfall partitioning and related hydrochemical fluxes in a diverse and in a mono specific (*Phenakospermum guyannense*) secondary vegetation stand in eastern Amazonia. **Oecologia**, v. 114, n. 2, p. 251-257, 1998.

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

KAUSHAL, R.; KUMAR, A.; ALAM, N. M.; MANDAL, D.; JAYAPARKASH, J.; TOMAR, J. M. S.; PATRA, S.; GUPTA, A. K.; MEHTA, H.; PANWAR, P.;

- CHATURVEDI, O. P.; MISHRA, P. K. Effect of different canopy management practices on rainfall partitioning in *Morus alba*. **Ecological Engineering**, v. 102, p. 374-380, 2017.
- KEIM, R. F.; LINK, T. E. Linked spatial variability of throughfall amount and intensity during rainfall in a coniferous forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 248, p. 15-21, 2018.
- LI, X.; XIAO, Q.; NIU, J.; DYMOND, S.; VAN DOORN, N. S.; YU, X.; XIE, B.; LV, X.; ZHANG, K.; LI, J. Process-based rainfall interception by small trees in Northern China: The effect of rainfall traits and crown structure characteristics. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 218, p. 65-73, 2016.
- LI, X.; ZHANG, Z.; HUANG, L.; WANG, X. Review of the ecohydrological processes and feedback mechanisms controlling sand-binding vegetation systems in sandy desert regions of China. **Chinese Science Bulletin**, v. 58, n. 13, p. 1483-1496, 2013.
- LIU, X.; HE, Y.; ZHAO, X.; ZHANG, T.; LI, Y.; YUN, J.; WEI, S.; YUE, X. The response of soil water and deep percolation under *Caragana microphylla* to rainfall in the Horqin Sand Land, northern China. **Catena**, v. 139, p. 82-91, 2016.
- LIU, J.; LIU, W.; ZHU, K. Throughfall kinetic energy and its spatial characteristics under rubber-based agroforestry systems. **Catena**, v. 161, p. 113-121, 2018.
- LIMA, C. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; BRASIL, P. P. Characteristics of rainfall and erosion under natural conditions of land use in semi-arid regions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1222-1229, 2013.
- 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**, v. 37, n. 4, p. 619-627, 2013.
- LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T.; TONELLO, K. C. Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore** (Online), v. 39, p. 423-430, 2015.
- LLORENS, P.; DOMINGO, F. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe. **Journal of Hydrology**, v. 335, n. 1, p. 37-54, 2007.
- MALAGNOUX, M.; SÈNE, E. H.; ATZMON, N. Forests, trees and water in arid lands: a delicate balance. **Unasylva-Fao**, v. 229, n. 58, p. 24-25, 2007.
- MORGAN, R. P. C. Soil degradation and erosion as a result of agricultural practice. In: RICHARDS, K.S.; ARNETT, R.R.; ELLIS, S. **Geomorphology and Soils**, p. 379-395, 1985.
- 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 Arvore**, v. 33, p. 461-469, 2009.

MOURA, A. E. S. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; LIMA, L. E.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M.; SANTOS, N. O. Avaliação da precipitação interna em cultivo de café em bacia representativa no Estado de Pernambuco. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 3, p. 21, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biomas. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga/item/191>>. Acesso em: 25 out. 2016.

MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPOV, V.; GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491-505, 2006.

MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO, J. C.; BRONSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semiarid region. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 165-174, 2009.

MEDEIROS P. H. A.; GÜNTNER A.; FRANKE T.; MAMEDE G. L.; ARAÚJO J. C. Modelling spatio-temporal patterns of sediment yield and connectivity in a semi-arid catchment with the WASA-SED model. **Hydrological Sciences Journal**, v. 55, p. 636-648, 2010.

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

NÁVAR, J.; BRYAN, R. Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in northeastern Mexico. **Journal of Hydrology**, v. 115, n. 1, p. 51-63, 1990.

NANKO, K.; HOTTA, N.; SUZUKI, M. Evaluating the influence of canopy species and meteorological factors on throughfall drop size distribution. **Journal of Hydrology**, v. 329, n. 3-4, p. 422-431, 2006.

NANKO, K.; ONDA, Y.; ITO, A.; MORIWAKI, H. Spatial variability of throughfall under a single tree: experimental study of rainfall amount, raindrops, and kinetic energy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, n. 9, p. 1173-1182, 2011.

NANKO, K.; WATANABE, A.; HOTTA, N.; SUZUKI, M. Physical interpretation of the difference in drop size distributions of leaf drips among tree species. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 169, p. 74-84, 2013.

OWENS, M. K.; LYONS, R. K.; ALEJANDRO, C. L. Rainfall partitioning within semiarid juniper communities: effects of event size and canopy cover. **Hydrological Processes**, v. 20, n. 15, p. 3179-3189, 2006.

OLIVEIRA, D. G.; PRATA, A. P.; FERREIRA, R. A. Herbáceas da Caatinga: composição florística, fitossociologia e estratégias de sobrevivência em uma comunidade vegetal. **Agrária** (Recife. Online), v. 8, p. 623-633, 2013.

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**, v. 38, n. 4, p. 723 – 732, 2008.

PEREIRA, F. M. L. **Intercepção da precipitação em montados de sobreiro e azinheira**. 2009. 184 f. Tese (Doutoramento em Engenharia Florestal), Universidade Técnica de Lisboa, 2009.

PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE, A. P.; ARAÚJO, K. D.; BARBOSA, A. S.; BARBOSA, F. M. Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 509-520, 2014.

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

REYNOLDS, J. F. Desertification. In: Levin, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 2. **Academic Press**, London, pp. 61-78, 2001.

RAMON, R.; MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; BARROS, C. A. P.; CANALE, T. Kinetic energy estimation by rainfall intensity and its usefulness in predicting hydrosedimentological variables in a small rural catchment in southern Brazil. **Catena**, v. 148, p. 176-184, 2017.

STAELENS, J.; DE SCHRIJVER, A.; VERHEYEN, K.; VERHOEST, N. E. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. **Hydrological Processes**, v. 22, n. 1, p. 33-45, 2008.

SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M.; SILVA, B. B. Seca, precipitação e captação de água de chuva no semi-árido de Sergipe. **Engenharia Ambiental (UNIPINHAL)**, v. 6, n. 1, p. 55-73, 2009.

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Effect of Rainfall Characteristics on Runoff and Water Erosion for Different Land Uses in a Tropical Semiarid Region. **Water Resources Management**, v. 31, p. 173-185, 2017.

SADEGHI, S. M. M.; ATTAROD, P.; PYPKER, T. G.; DUNKERLEY, D. Is canopy interception increased in semiarid tree plantations? Evidence from a field investigation in Tehran, Iran. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, v. 38, n. 6, p. 792-806, 2014.

SADEGHI, S. M. M.; ATTAROD, P.; VAN STAN, J. T.; PYPKER, T. G. The importance of considering rainfall partitioning in afforestation initiatives in semiarid climates: A comparison of common planted tree species in Tehran, Iran. **Science of the Total Environment**, v. 568, p. 845-855, 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**, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2015.
- SILANS, M. B. P.; WERLANG, L. M.; SILVA, F. M. Estudo experimental da interceptação da chuva pela vegetação da caatinga. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Aracajú, CD-ROM, 2001.
- SHINZATO, E. T.; TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A. G.; VALENTE, R. O. A. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 92, p. 395-402, 2011.
- SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), v. 27, n. 2, p. 163-172, 2012.
- SILVA, P. C. G.; GUIMARÃES FILHO, C. 2006. **Eixo tecnológico da ecorregião Nordeste**. In: SOUSA, I. S. F. de. (Org.). Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária. 1ªed.Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 3, p. 109-161.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **PROPOSIÇÃO Nº 105/2017**. Disponível em: < <http://www.sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Proposio-n-105-2017--Minuta-de-Proposio-Delimitao-do-semirido-em-andamento-1.pdf>>. Acesso em: 20. mar. 2018.
- TOBA, T.; OHTA, T. An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests. **Journal of Hydrology**, v. 313, n. 3, p. 208-220, 2005.
- TUCCI, C. E. M. Interceptação. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. Org.: C. E. M. Tucci. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, p. 243-249, 2004.
- THOMAZ, E. L.; ANTONELLI, V. Rain interception in a secondary fragment of araucaria forest with Faxinal, Guarapuava-PR. **Revista Cerne**, v. 21, n. 3, p. 363-369, 2015.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, p. 55-94, 1948.
- TROVÃO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 307-311, 2007.
- WANG, X.; ZHAO, X.; ZHANG, Z.; YI, L.; ZUO, L.; WEN, Q.; LIU, F.; XU, J.; HU, S.; LIU, B. Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. **Catena**, v. 137, p. 256-268, 2016.

- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning**. United States Department of Agriculture, Washington. 58 p.
- XU, X. L.; LIU, W.; KONG, Y. P.; ZHANG, K. L.; YU, B.; CHEN, J. D. Runoff and water erosion on road side-slopes: Effects of rainfall characteristics and slope length. **Transportation research part D: transport and environment**, v. 14, n. 7, p. 497-501, 2009.
- YOUSEFI, S.; SADEGHI, S. H.; MIRZAEI, S.; VAN DER PLOEG, M.; KEESSTRA, S.; CERDÀ, A. Spatio-temporal variation of throughfall in a hyrcanian plain forest stand in Northern Iran. **Journal of Hydrology and Hydromechanics**, v. 66, n.1, p. 97-106, 2018.
- 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**, v. 1, n. 2, p. 0107-0119, 2009.
- ZHANG, Y. F.; WANG, X. P.; HU, R.; PAN, Y. X.; ZHANG, H. Stemflow in two xerophytic shrubs and its significance to soil water and nutrient enrichment. **Ecological Research**, v. 28, n. 4, p. 567-579, 2013.
- 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**, v. 527, p. 1084-1095, 2015.
- ZHANG, Y. F.; WANG, X. P.; HU, R.; PAN, Y. X. Throughfall and its spatial variability beneath xerophytic shrub canopies within water-limited arid desert ecosystems. **Journal of Hydrology**, v. 539, p. 406-416, 2016.
- 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**, v. 6, 2016.
- ZHAO, W.; LIU, B. The response of sap flow in shrubs to rainfall pulses in the desert region of China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 9, p. 1297-1306, 2010.
- ZABRET, K.; RAKOVEC, J.; MIKOŠ, M.; ŠRAJ, M.; Influence of Raindrop Size Distribution on Throughfall Dynamics under Pine and Birch Trees at the Rainfall Event Level. **Atmosphere**, v. 8, n. 8, p. 240, 2017a.
- ZABRET, K.; RAKOVEC, J.; ŠRAJ, M. Evaluation of Drop Size Distribution Impact on Rainfall Interception by Trees. **Proceedings**, v. 1, n. 5, p. 117, 2017b.