

DEBORA CRISTINA DA SILVA

INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA E ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO
SOLO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Serra Talhada-PE

2017

**S
I
L
V
A

D
C

I
N
T
E
R
C
E
P
T
A
Ç
Ã
O

D
A

C
H
U
V
A

E

E
S
C
O
A
·
·
2
0
1
7**

DEBORA CRISTINA DA SILVA

INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA E ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO
SOLO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza

Serra Talhada-PE

2017

S586i Silva, Debora Cristina da
Interceptação da chuva e escoamento superficial de água no solo no
semiárido pernambucano / Debora Cristina da Silva. - Serra
Talhada, 2017.
59 f. : il.

Orientador: Eduardo Soares de Souza.
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada,
Serra Talhada, PE, 2017.
Inclui referências.

1. Modelagem hidrológica. 2. Ecohidrologia. 3. Caatinga. I. Souza,
Eduardo Soares de, orient. II. Título.

CDD 631

DEBORA CRISTINA DA SILVA

INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA E ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO
SOLO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em ____/____/_____.

Banca Examinadora

Dr. Eduardo Soares de Souza UAST/UFRPE
(Orientador)

Dr. Albert Einsten Spindola Saraiva Moura-IFPE
(Examinador Externo)

Dr. Laerte Bezerra de Amorim- IFPI
(Examinador Externo)

Ao meu pai, Amaro Francisco da Silva, que não mediu esforços para que eu seguisse
minha carreira acadêmica.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por ter me dado força e paciência para a realização desta pesquisa.

Ao professor Dr. Eduardo Soares de Souza, pela orientação e paciência na realização deste trabalho, tanto na parte de campo como na redação da dissertação.

Ao meu amigo Msc. Rodolfo Souza, que mesmo ocupado com a fase final de conclusão do doutorado disponibilizou um tempo para ajudar a processar os dados de escoamento superficial, elaborar os gráficos, e contribuir para parte escrita do trabalho.

Aos amigos do grupo de pesquisa, Eduardo Silva, Erison Martins, Jorge Torres, João Torres e Leandro Mira, pela ajuda na instalação de equipamentos e coleta de dados, e em especial a José Raliuson Inácio da Silva, que além de ajudar nos trabalhos de campo, tem sido um amigo e sempre se disponibilizou para me ajudar.

À minha amada e querida irmã, Mônica Franciele, pela amizade, carinho e pelas contribuições na parte escrita.

A toda minha família, pelo apoio que me deram e, sobretudo, por acreditarem em mim.

Às minhas amigas mestrandas, Aline Sheyla, Aurielle Medeiros, Maria da Penha e Taciana Lopes, por todos os bons momentos que me proporcionaram, pelos conselhos, pelo carinho e pelo apoio nos momentos mais difíceis, e a todos meus amigos mestrandos que não foram citados aqui, mas que estão em meu coração!

Aos professores do programa de pós-graduação em produção vegetal, pelos conhecimentos passados em sala de aula.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/UAST, na qual tive oportunidade de realizar o curso de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e a Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pelo apoio financeiro.

Quem deseja ver o arco-íris, precisa aprender a gostar da chuva.

(Paulo Coelho)

RESUMO

A retirada da vegetação aliada às mudanças climáticas altera o equilíbrio entre a precipitação pluvial, evapotranspiração e o escoamento superficial de água no solo. A compreensão das interações entre a hidrologia e a mudança no uso da terra é essencial para o entendimento do funcionamento hidrológico e as tendências climáticas. Propôs-se nesse estudo analisar a interceptação da chuva em dois fragmentos de caatinga por meio da modelagem e técnicas de sensoriamento remoto e avaliar o escoamento superficial de água no solo, pelo método da curva número, em áreas de caatinga e pastagem no semiárido pernambucano. O trabalho foi conduzido em uma área de pastagem degradada (PD) e em três áreas de caatinga, sendo uma preservada (CP), outra com predominância de angico (CA) e uma terceira em regeneração (CR), situadas no município de Serra Talhada – PE. A interceptação da chuva (I) foi avaliada apenas nas áreas de CP e CA. Os dados de chuva (P_{ext}) foram obtidos com pluviômetro instalado acima do dossel da vegetação, enquanto que os dados de chuva interna (P_{int}) foram monitorados com pluviômetros instalados abaixo do dossel da vegetação. Os dados de interceptação da chuva (I), definidos pela diferença entre P_{ext} e P_{int} , foram modelados por meio de uma equação exponencial (P versus I) cujos parâmetros descrevem a capacidade máxima de armazenamento da água pelo dossel (S_{max}) e a abertura do dossel (k). Foram instalados quatro sítios experimentais para as medidas de escoamento superficial (ES) da água no solo, em cada uma das quatro áreas (PD, CP, CA e CR). Para isso foi utilizada uma parcela padrão ($1,02 \text{ m}^2$), cercada por chapa galvanizada, interligada a uma calha que conduzia a água escoada à tanques coletores. Aplicou-se o método da Curva Número do *Soil Conservation Service* (CN-SCS) para obter o valor da capacidade máxima de infiltração (S), ajustando-se aos dados observados (P_{ext} versus ES) nas quatro áreas experimentais e impondo os coeficientes de abstração (λ) iguais a 0,1 e 0,2. Paralelo à obtenção do CN também foram ajustadas regressões lineares entre P_{ext} e ES para comparar o desempenho com o método da curva número. Para avaliar o desempenho utilizou-se o erro quadrático médio (EQM), o coeficiente de eficiência de Nash–Sutcliffe (CNS) e o coeficiente de determinação (R^2). A interceptação correspondeu a 33,7 e 41,8% do total da chuva, na área de CP e de CA, respectivamente. Os dados observados se ajustaram bem ao modelo proposto e a correlação entre o S_{max} e o intervalo ($N' = NDVI \text{ médio} + NDVI \text{ máximo}/2$) obtidos em cada parcela, possibilitou a espacialização da I na CP e CA. Os valores da CN obtidos com $\lambda = 0,1$ estimou melhor o escoamento superficial do que aqueles obtidos com $\lambda = 0,2$. Como os valores da CN gerados nesse trabalho se aproximaram aos do *Soil Conservation Service* (SCS) para condições similares de uso e cobertura do solo, podem ser utilizados na estimativa do ES de áreas que apresentem as mesmas condições reportadas nesse estudo.

Palavras-chave: caatinga, modelagem hidrológica, curva número.

ABSTRACT

The removal of vegetation allied to climatic changes alter the balance between rainfall, evapotranspiration and surface runoff of water in the soil. The understanding of the interactions between hydrology and land use change is essential for understanding hydrological functioning and climate trends. The objective of this study was to analyze the interception of rainfall in two caatinga fragments through mathematical modeling and remote sensing techniques and to evaluate the runoff of water in the soil by the runoff curve number (CN) in areas of caatinga and pasture in the semi-arid region of Pernambuco. The work was carried out in a degraded pasture (PD) and three areas of caatinga, one preserved (CP), another with predominance of angico (CA) and a third in regeneration (CR), located in the municipality of Serra Talhada - PE. Interception of rainfall (I) was evaluated only in the areas of CP and CA. Rainfall data (P_{ext}) were obtained with a pluviometer placed above the canopy vegetation, while the throughfall data (P_{int}) were manually collected with pluviometers placed below the canopy vegetation. Rainfall interception data (I), defined by the difference between P and P_{int} , were fit to the data from exponential equation (P versus I) whose parameters describe the maximum storage capacity of the canopy (S_{max}) and the canopy openness (k). Four experimental sites were installed for soil water runoff (ES) measurements in each of the four areas (PD, CP, CA and CR). For this, a standard plot (1.02 m²) was used, surrounded by galvanized sheet, interconnected to a channel that led to the water drained to the collecting tanks. It applied the method curve number of *Soil Conservation Service* (CN-SCS) to obtain the value of the maximum infiltration capacity (S), fitting the observed data (P_{ext} versus ES) in the four experimental areas and imposing the coefficients of (λ) equal to 0.1 and 0.2. Parallel to obtain CN were adjusted linear regressions between ES and P_{ext} to compare the performance with the method curve number. To evaluate the performance, were used the mean square error (EQM), the Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (CNS) and the coefficient of determination (R^2). The interception corresponded to 33.6 and 40% of total rainfall, in both areas, CP and CA, respectively. The observed data were well adjusted to the proposed model and the correlation between S_{max} and N' (NDVI mean + NDVI maximum / 2) obtained in each plot allowed spatialisation in both tropical dry forests fragments. The CN values obtained with $\lambda = 0.1$ estimated the runoff better than those obtained with $\lambda = 0.2$. As the CN values generated in this work approximated those of the Soil Conservation Service (SCS) for similar conditions of use and land cover, they can be used to estimate the ES of areas that present the same conditions reported in this study.

Keywords: caatinga, hydrological modeling, number curve

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental, Serra Talhada-PE.....	27
Figura 2. Pluviômetro para avaliação da chuva interna e procedimento de coleta	29
Figura 3. Calha de monitoramento do escoamento superficial e recipiente coletor.....	31
Figura 4. Chuva externa para os meses estudados em 2016, e para normal de Serra Talhada-PE.	35
Figura 5. Comparação da interceptação da chuva observada com a calculada pela equação de Aston (1979) e correlação do S_{max} com o N' nas 4 parcelas das áreas caatinga preservada (A-C) e de angico (B-D)	40
Figura 6. Interceptação da chuva; P_{ext} - Chuva externa; NDVI- Índice de vegetação por diferença normalizada. A) Caatinga preservada; B) Caatinga de Angico.	41
Figura 7. Capacidade de armazenamento do dossel (S_{max}) e interceptação total (I_{tot}) para as áreas de caatinga preservada (CP) e de angico (CA). A) S_{max} -CP; B) S_{max} -CA; C) I_{tot} -CP; D) I_{tot} - CA.	42
Figura 8. Escoamento superficial e proporção da chuva escoada por evento nas áreas de pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR). As Barras representam o intervalo de confiança.....	45
Figura 9. Comparação entre a chuva e o escoamento observado e modelado na pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR).....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas dos solos das áreas estudadas. (PD), caatinga preservada (CP), e caatinga em regeneração (CR), Serra Talhada, 2016.	28
Tabela 2 Estatística descritiva para as variáveis avaliadas para as áreas de caatinga preservada (CP) e caatinga de angico (CA), Serra Talhada, 2016.	36
Tabela 3. Distribuição da chuva (P) chuva interna (P_{int}) e da interceptação da chuva (I) em função das classes de chuva, para as áreas de caatinga preservada (CP) e de caatinga de angico (CA), Serra Talhada, 2016.	37
Tabela 4. Parâmetros do modelo interceptação de Aston (1979) para as 4 parcelas da áreas de caatinga preservada (CP) e parcelas da caatinga de angico (CA), Serra Talhada, 2016.	38
Tabela 5. Estatística descritiva do escoamento superficial nas áreas de pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR).	43
Tabela 6. Valores da CN e do S obtidos para as áreas de estudo com dois valores do λ , e parâmetros da regressão linear entre a chuva e o escoamento superficial nas áreas de pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR).....	46
Tabela 7. Parâmetros estatísticos para avaliar o desempenho do método da curva número (CN) e de regressão linear em estimar o escoamento superficial ES em pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico(CA) e caatinga em regeneração (CR).....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 ASPECTOS GERAIS DO SEMIÁRIDO E DA VEGETAÇÃO DA CAATINGA ...	17
2.2 VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS	18
2.2.1 Precipitação pluvial	18
2.2.2 Interceptação da chuva	19
2.2.3 Escoamento superficial de água no solo.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 ÁREAS DE ESTUDO.....	27
3.2 CARACTERIZAÇÕES DAS ÁREAS.....	27
3.3 VARIÁVEIS AVALIADAS	28
3.3.1 Chuva externa e Chuva interna	28
3.3.2 Escoamento superficial de água no solo nas quatro áreas estudadas	31
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 CHUVA INTERNA E INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA NAS ÁREAS DE CAATINGA.....	35
4.2 MODELAGEM E ESPACIALIZAÇÃO DA INTERCEPTAÇÃO.....	38
4.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO NAS ÁREAS DE CAATINGA E PASTAGEM.....	42
5 CONCLUSÕES	49
6 REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento no semiárido brasileiro, cujo bioma predominante é a Caatinga, se tornou uma prática muito comum na garantia de áreas úteis para produção agrícola e pecuária, e traz como consequência degradação dos solos, perda da biodiversidade e mudanças climáticas que com o passar dos anos, podem modificar notadamente os processos hidrológicos (ARAÚJO NETO et al., 2013). Portanto, é necessário o preenchimento da lacuna do conhecimento a respeito de variáveis hidrológicas em regiões semiáridas, inclusive em áreas de caatinga (RODRIGUES et al., 2013).

A retirada sistemática da vegetação da caatinga, para a produção de carvão e o desenvolvimento de atividades agropecuárias são ameaças constantes e vem contribuindo para a existência de mosaicos de fragmentos que se encontram em diferentes estágios de sucessão secundária, afetando assim, a dinâmica do funcionamento hidrológico (LEAL et al., 2003; CARVALHO et al., 2012).

Estudos que estimam as consequências ambientais em função da mudança da cobertura vegetal têm sido focados em regiões tropicais úmidas, com menos atenção voltada a regiões semiáridas (SANTOS, et al., 2011). No entanto, a região semiárida possui alta fragilidade e representa uma parcela significativa do globo terrestre, aproximadamente 17,7% (ROTENBERG & YAKIR, 2010), abrangendo 969.589,4 km² do território brasileiro (RODRIGUES, 2016) o que lhe confere a importância de pesquisas científicas.

O semiárido brasileiro é caracterizado principalmente pela escassez hídrica e a relevância do estudo nessa região relaciona-se a ausência do conhecimento sobre respostas hidrológicas, pois é uma região que apresenta características meteorológicas irregulares, no que se refere aos índices pluviométricos, como presença de chuvas extremas e uma grande quantidade de chuvas inferiores a 30 mm (SILVA et., 2012; ANDRADE et al., 2013; RODRIGUES, 2016).

A chuva que cai sobre a bacia hidrográfica é fracionada de três formas: i) parte dela é interceptada e armazenada pela vegetação, e evapora durante ou após a chuva; ii) parte cai livremente sobre o solo, sem interferência da vegetação, ou depois de ser interceptada e gotejar; iii) parte alcança o solo após escoar pelos troncos, após ser interceptada (JONG & JETTEN, 2007; GIGLIO & KOBIYAMA, 2013).

De modo geral, as partições da água da chuva no ecossistema dependem da intensidade das chuvas, das características ecofisiológicas da vegetação, das condições meteorológicas, e das características físicas do solo, que envolvem: velocidade de infiltração, capacidade de armazenamento de água e declividade do terreno.

A variabilidade espacial das chuvas no semiárido aliada à sazonalidade da vegetação da caatinga altera a dinâmica natural da partição de água no ecossistema, diminuindo a interceptação da chuva, causando efeitos sobre a distribuição da umidade do solo e aumentando o escoamento superficial de água no solo (ESCHNER, 1967; LANGE & LEIBUNDGUT, 2003; MEDEIROS et al., 2009).

A diminuição do escoamento superficial está entre as principais funções hidrológicas da vegetação com atributos no controle da erosão e assoreamentos dos cursos d'água (LI et al., 2007; RODRIGUES et al., 2015). Isto acontece, pois a interceptação pela vegetação diminui a força de impacto causada pelas gotas d'água, evitando assim a desagregação das partículas do solo e, a camada orgânica proporciona maior infiltração da água no solo (OLIVEIRA JUNIOR & DIAS, 2005; MORGAN, 2005; RODRIGUES et al., 2015; JONG & JETTEN, 2007).

Segundo Souza et al., (2015), o escoamento superficial da água no solo é um componente do balanço hídrico de extrema importância para regiões semiáridas, e depende de fatores como a declividade do terreno, tipo de cobertura do solo, capacidade de infiltração de água no solo, além da intensidade da chuva.

A cobertura vegetal possui uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma microbacia hidrográfica, pois interfere no movimento da água em vários compartimentos do sistema, inclusive nas saídas para a atmosfera e rios (RODRIGUES et al., 2015). Segundo Jong & Jetten (2007), a quantidade da água da chuva que chega ao solo diminui com o aumento da cobertura vegetal, fator que geralmente afeta a disponibilidade de água para as plantas, para a recarga das águas subterrâneas e para o escoamento superficial.

O uso da terra, a retirada da vegetação e as mudanças climáticas podem apresentar impactos sobre a hidrologia terrestre por muito tempo, alterando o equilíbrio entre a precipitação pluvial, evapotranspiração e o escoamento, nesse sentido a compreensão das interações entre a hidrologia e a mudança no uso da terra é importante para o entendimento e previsão das consequências no funcionamento hidrológico e tendências climáticas (LI et al., 2007).

Nesse contexto os objetivos do trabalho foram: i) analisar a interceptação da chuva em dois fragmentos de caatinga por meio da modelagem e técnicas de sensoriamento remoto; ii) avaliar o escoamento superficial de água no solo em três fragmentos de caatinga e uma área de pastagem degradada, aplicando o método da curva número (CN-SCS); iii) comparar os resultados estimados pelo método CN-SCS e aqueles obtidos pelo monitoramento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DO SEMIÁRIDO E DA VEGETAÇÃO DA CAATINGA

O Semiárido brasileiro possui uma extensão de 969.589 km² e que representa 11% do território nacional. Esta região é caracterizada por apresentar precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C e umidade relativa do ar média em torno de 50% (MOURA et al., 2007). As chuvas do semiárido nordestino concentram-se entre os meses de dezembro a abril (TEIXEIRA, 2010), e são caracterizadas pela alta variabilidade espacial e temporal.

O Bioma mais representativo do Semiárido brasileiro é a Caatinga que de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui uma área aproximada de 844.453 km². É o único bioma exclusivamente brasileiro, e engloba parte dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia (região Nordeste) e parte do norte de Minas Gerais (região Sudeste) (IHU, 2012). O termo “caatinga” é de origem tupi-guarani e significa “floresta branca”, pois durante a estação seca, as folhas da vegetação que compõe o bioma caem restando apenas os troncos brancos das árvores e arbustos (ALBUQUERQUE & BANDEIRA, 2005).

A flora da caatinga é composta por mais de 5000 espécies, com 318 catalogadas como endêmicas (GIULIETTI et al., 2006, SAMPAIO et al., 2010), e varia conforme o tipo de solo e volume das precipitações. No geral são caracterizadas como arborescente xerófila e caducifólia, abrangendo também espécies arbustivas, cactáceas e bromeliáceas. As plantas da caatinga apresentam diversas adaptações fisiológicas às condições de estresse hídrico, sendo o estudo desses parâmetros de vital importância para o entendimento dos ecossistemas do semiárido (TROVÃO et al., 2004).

De acordo com Velloso et al., (2002), a caatinga é um dos biomas mais devastados do território brasileiro devido ao uso inadequado dos solos e desmatamento desordenado. Com a ocorrência das chuvas, os solos desnudos ficam expostos ao impacto das gotas de chuva que desagregam suas partículas e promovem a formação de uma crosta superficial, aumentando assim o escoamento e reduzindo a infiltração da água, o que potencializa as perdas de solo e assoreamento de mananciais através da erosão (GALINDO et al., 2008).

Devido às características edafoclimáticas da região semiárida, a pecuária é uma das atividades básicas das populações rurais distribuídas nos 96 milhões de hectares da região. As lavouras apenas têm sido consideradas como um subcomponente na maioria dos sistemas de produção predominantes, pois são mais vulneráveis às limitações ambientais que as pastagens (IBGE, 2004). Além de que as pastagens são o principal alimento dos rebanhos do Semiárido, predominando áreas de pastagem nativa em relação às de pastagens cultivadas em todos os estados, exceto no norte de Minas Gerais (GIULIETTI, 2004).

A pecuária, praticada de maneira extensiva, tem sido responsabilizada pela degradação das áreas de caatinga, principalmente do estrato herbáceo, onde as modificações são percebidas pelo desaparecimento das espécies de valor forrageiro e aumento das plantas daninhas e ocupação das áreas por arbustos indicadores da sucessão secundária (ARAÚJO et al., 1995).

2.2 VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

2.2.1 Precipitação pluvial

A precipitação é definida como toda água proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre, existindo em diversas formas: neblina, chuva, granizo, geada e neve, o que as diferencia é o estado em que a água se encontra (TUCCI, 2009). A chuva se origina de nuvens formadas pelo resfriamento de uma massa de ar que atua na atmosfera e se expande, e é a forma de precipitação capaz de gerar escoamento, portanto é a forma de precipitação mais importante em estudos de hidrologia (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).

A chuva é uma das variáveis mais importantes para estudos climáticos e meteorológicos, pois mudanças no padrão dessa variável podem levar a inundações, secas, perda de biodiversidade e produtividade agrícola (SAYEMUZZAMAN & JHA, 2014).

A quantidade de chuva é expressa pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, e é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se instrumentos denominados pluviômetros ou pluviógrafos, que registram as alturas no decorrer do tempo. As chuvas

são caracterizadas em função das suas grandezas como: volume, intensidade, duração e frequência, sendo que a intensidade das chuvas é um fator determinante para o processo erosivo em solos descobertos, pois quanto maior a intensidade maior pode ser a perda por erosão (RODRIGUES, 2016).

2.2.2 Intercepção da chuva

A intercepção da chuva é o primeiro processo pelo qual a água da chuva passa na bacia hidrográfica, e é definida como a capacidade de retenção de água da chuva pela vegetação (ARCOVA et al., 2003; PACHECO & MAFRA, 2012). De acordo com Arnell (2002) a intercepção da chuva é um processo hidrológico importante na gestão de recursos hídricos e deve ser avaliado, principalmente em regiões semiáridas, onde para Carlyle-Moses (2004), as perdas são de grande importância.

Quando a chuva cai sobre uma superfície vegetada ela passa por um fracionamento natural: i) parte é interceptada, armazenada pelo dossel e em seguida evaporada; ii) parte cai livremente sobre o solo através da abertura do dossel das plantas, ou depois de ser interceptada e gotejar; iii) parte alcança o solo após ser escoada pelos troncos (JONG & JETTEN, 2007; GIGLIO & KOBAYAMA, 2013).

A quantificação dessa variável hidrológica tem sido desprezada em estudos de balanço hídrico, porém é um componente de extrema importância, pois influencia nos demais processos hidrológicos, como a infiltração de água no solo, a erosão, a umidade do solo, o escoamento e a geração de inundação (TSIKO et al., 2012). Além disso, em regiões de climas quentes e secos a evaporação da água interceptada representa uma parcela significativa da evaporação total (SAVENIJE, 2004).

A intercepção da chuva é variável no espaço e no tempo e é influenciada por aspectos da vegetação, como altura, densidade, capacidade de armazenamento, grau de desenvolvimento vegetal, características da casca do tronco e dos galhos, ramificação da copa, e inclinação dos ramos (CROCKFORD; RICHARDSON, 2000), bem como fatores climáticos, como o regime das chuvas (volume e intensidade) e condições meteorológicas da região (IZÍDIO et al., 2013; RODRIGUES, 2015; SÁ, et al., 2015).

Estudos que relacionam os aspectos da vegetação com a intercepção das chuvas, concluíram que nas copas de árvores coníferas o armazenamento de água é 34 vezes maior que nas árvores caducifólias, não só porque as caducifólias perdem as

folhas no inverno, mas também porque as coníferas conseguem armazenar mais água na superfície de suas copas (BREUER et al., 2003; TOBA & OHTA, 2005). Entretanto, as taxas de evaporação em espécies caducifólias são maiores devido à aerodinâmica mais favorável a penetração do vento, aumentando assim as taxas de evaporação (HERBST et al., 2008).

Alguns estudos mostraram que em regiões áridas e semiáridas, as influências das características da copa na interceptação são geralmente menos importantes quando comparada com as propriedades das chuvas (GOMEZ, et al., 2001; LLORENS & DOMINGO 2007). Em regiões semiáridas, quando ocorrem chuvas, geralmente durante um dia a soma do tempo dos intervalos sem chuva é maior do que a soma do tempo dos intervalos com chuva (CECCHI et al., 2006; DUNKERLEY, 2008). O intervalo sem chuva pode permitir a secagem parcial das copas das plantas, re-desenvolvendo assim a capacidade de armazenamento do dossel e aumentando o esse armazenamento e também a interceptação (DUNKERLEY, 2000).

A maioria dos estudos de interceptação da chuva foi realizada predominantemente na região Amazônica (CUARTAS et. al., 2007; FERREIRA et al., 2005; BORGES, et al., 2012) e de Mata Atlântica (ARCOVA et al. 2003; OLIVEIRA et al., 2008; MOURA et al., 2009, LORENZON, et al., 2013; ÀVILA et al., 2014;).

Em áreas de Caatinga os estudos de interceptação ainda são relativamente escassos. Vale ressaltar o realizado por Marinho et al. (2002) no sertão paraibano o qual registrou 42 % de interceptação da chuva externa, valor este que corresponde às frações armazenadas na vegetação e evaporadas, enquanto que Medeiros et al. (2009), no sudoeste do Ceará, registrou um índice de 13% de interceptação da chuva pela vegetação.

A retirada sistemática da vegetação, para a produção de carvão e o desenvolvimento de atividades agropecuárias, vem ameaçando constantemente o bioma, o que tem contribuindo para a existência de mosaicos de fragmentos com diferentes estágios de sucessão secundária, afetando assim, a dinâmica do funcionamento hidrológico (LEAL et al., 2003; CARVALHO et al., 2012), portanto existe a necessidade premente de avaliar os componentes hidrológicos em área de caatinga.

Através de estudos desse gênero, as pesquisas no Brasil podem contribuir com a comunidade científica nacional e internacional provendo informações sobre os mecanismos da interceptação da água da chuva em vegetação adaptada ao estresse hídrico (GIGLIO & KOBIYAMA, 2013).

A avaliação da interceptação da chuva é realizada através do monitoramento de pluviômetros internos que são instalados no campo, porém a obtenção desses dados além de ser trabalhosa é bastante onerosa (CASTILHO, 2000), e, sobretudo pode não representar de forma satisfatória a heterogeneidade espaço-temporal, portanto é de extrema importância a estimativa dos componentes do processo de interceptação, através da utilização modelos (RODRIGUES et al., 2013).

Os ecossistemas florestais são muito complexos, portanto os modelos existentes não consideram a totalidade dos processos e variáveis envolvidas, ou seja, os modelos representam uma simplificação da realidade, tornando-se uma ferramenta útil para redução do tempo e do custo da experimentação de campo, e tem como grande vantagem a capacidade em estimar componentes do sistema que representa (JUNQUEIRA JÚNIOR, 2016).

Atualmente existem quinze modelos físicos de interceptação, dez sendo designados como modelos originais, e cinco como modelos modificados dos modelos originais (SÁ, 2015). A seguir são apresentados apenas os modelos originais, que são: Rutter (RUTTER et al., 1971, 1975), Gash (1979), Massman (1983), Mulder (1985), Calder de uma camada (CALDER, 1986), Liu J. (LIU, 1988), Liu S. (LIU, 1997), Xiao (XIAO et al., 2000), Zeng (ZENG et al., 2000) e Murakami (2007).

A primeira tentativa de se estimar a interceptação por meio de um modelo foi realizada por Horton (1919). Até a década de 70, os modelos de interceptação utilizavam relações empíricas derivadas da chuva externa como as equações de Merriam (1960) e Zinke (1965). As desvantagens desses modelos é que são usados conjuntos específicos de dados que não se aplicam a condições diferentes principalmente dados de chuva, que apresentam regimes diferenciados para cada região, além do tipo de vegetação (DIGMAN, 2002).

Os modelos de interceptação levam em conta três processos, chuva retida na superfície vegetal, evaporação e drenagem da água da chuva ao solo. A água da chuva que fica retida na superfície vegetal é representada por um reservatório no dossel vegetal, cujo nível é o volume de água retido pela vegetação, contudo, esse reservatório possui nível máximo, denominado capacidade máxima de armazenamento (S_{max}) e é um dos importantes parâmetros do controle da interceptação, sendo determinada pelas características dos vegetais como morfologia das folhas galhos e troncos (LIU, 1998).

Para Herwitz (1987) o S_{\max} é o valor máximo de água acumulado na superfície vegetal durante uma chuva, ou seja, é o ponto em que o dossel da vegetação pára de acumular água, e esse parâmetro não depende somente das características vegetais, mas também das características da chuva. Segundo Liu (1998), a água que é retida pelo dossel da vegetação não drenará para o solo, sendo o seu único caminho a evaporação, após o termino da chuva.

Existem basicamente duas alternativas de modelagem do enchimento do reservatório, uma que considera que o enchimento do reservatório é de forma linear e a outra de forma exponencial. No modelo linear a saturação do reservatório vegetal é atingida muito antes do exponencial.

Aston (1979) ao aplicar diferentes modelos de interceptação da chuva em diferentes espécies de árvores, observou que o modelo empírico de Merriam (1960) (Eq. 1), superestimou todos os valores de capacidade de armazenamento de água (S) pelo dossel, em todas as espécies de árvores estudadas, exceto em *Pinus radiata*.

Dessa forma realizou-se uma modificação na equação 1, aplicando-se o fator k (fator de correção de abertura do dossel) para o período de chuva (Eq 2), reduzindo assim a capacidade de armazenamento de água pelas árvores, e obtendo excelente concordância entre os dados modelados e os mensurados.

$$I = S_{\max} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-P_{ex}}{S_{\max}}\right) \right) \quad (1)$$

sendo, I a interceptação da chuva (mm); P_{ex} a chuva externa (mm); S_{\max} a capacidade máxima de armazenamento de água pelo dossel da vegetação (mm).

$$I = S_{\max} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-kP_{ex}}{S_{\max}}\right) \right) \quad (2)$$

Esse modelo proposto por Aston (1979) apresenta comportamento exponencial e possui como parâmetro principal a capacidade máxima de armazenamento da água pelo dossel da vegetação (S_{\max}), que depende da morfologia das espécies vegetais, como formato da copa, das folhas e o espaçamento entre o dossel.

2.2.3 Escoamento superficial de água no solo

O escoamento superficial é uma fase do ciclo hidrológico que consiste no deslocamento de água sobre a superfície do solo após uma chuva intensa (PRUSKI et al., 2003). O início desse processo ocorre quando a taxa de precipitação pluviométrica supera a taxa de infiltração e retenção de água no solo, onde o excedente se acumula sobre as irregularidades do terreno e logo após extravasa para suas depressões e canalículos até despejar-se em córregos, rios e lagos.

As perdas de água por escoamento superficial representam desperdício de água na região, sendo que é possível o aproveitamento desse escoamento por meio de práticas de captação dessa água e destinação às atividades que necessitam desse recurso (PORTO et al. 2011). É essencial estimar o escoamento superficial para avaliação do potencial de rendimento de água e realizar o gerenciamento de uma bacia hidrográfica (MUÑOZ-ROBLES et al., 2011), principalmente aquelas carentes de dados de estações hidrológicas.

O escoamento superficial é o principal processo associado à erosão hídrica, pois mesmo sendo o impacto das gotas de chuva que desagregam as partículas, é o escoamento que promove o transporte delas (PRUSKI et al., 2001). Esses sedimentos podem provocar assoreamento de reservatórios e cursos d'água e ocasionar perdas na sua capacidade de armazenamento, além de causar inundações nos períodos de chuvas intensas (KERTZMAN et al. 1995).

As precipitações pluviométricas intensas associadas ao relevo e características físico-hídricas do solo elevam o risco de ocorrência da erosão (SANTOS et al. 2010). Nas regiões áridas e semiáridas, as chuvas apresentam alto potencial erosivo, sendo de curta duração e elevada intensidade, favorecendo assim a erosão hídrica, pois os solos geralmente são rasos e com baixos teores de matéria orgânica (PRUSKI et al., 2001).

Os fatores que influenciam o escoamento superficial são: quantidade, intensidade e duração da chuva; área, forma e declividade da bacia; tipo de solo, e; cobertura e uso do mesmo (CALASANS et al., 2002). Dentre eles, a ausência da cobertura vegetal é a principal causa do processo, pois facilita o desagregamento das partículas do solo e formação de crostas durante a precipitação, aumentando o escoamento e as taxas de erosão do solo (GUERRA, 1998).

O escoamento superficial tende a crescer conforme o aumento do volume, intensidade e duração da chuva (PRUSKI et al., 2003). De acordo com Chow et al. (1988), após o início da precipitação, parte é interceptada pela vegetação, parte infiltra no solo e quando este encontra-se saturado, há acúmulo de água nas depressões do terreno. Caso a chuva continue, haverá escoamento superficial e formação das enxurradas que carregam consigo partículas de solo em suspensão, sofrem deposição assim que a velocidade do escoamento diminui (GRIEBELER et al., 2001).

A chuva é responsável pela energia que ocasiona a erosão hídrica, por conta do impacto das gotas na superfície do solo, desestruturação dos agregados e produção do escoamento superficial (PRUSKI, 2006). A região semiárida sofre com a ocorrência de eventos extremos de chuva, pois estes são irregulares e apresenta má distribuição temporal e espacial, o que influencia diretamente no escoamento superficial, que somado à fragilidade dos solos, condicionam o processo de erosão (SANTOS et al., 2006).

A intensidade do escoamento superficial relaciona-se com a sua velocidade, que é variável por diversos fatores, inclusive pela morfologia do terreno. Quanto mais íngreme e longa for a encosta, maior será a concentração e velocidade desse escoamento, elevando também a sua capacidade de transporte de sedimentos. Além disso, quanto menor for sua capacidade de infiltração, mais propenso será ao escoamento superficial e conseqüentemente à erosão (BIGARELLA & MAZUCHOWSKI, 1985; PRUSKI, 1998).

Os solos mais susceptíveis à erosão são os arenosos, principalmente os de granulação fina, secos, pouco coesivos e porosos (MAGALHÃES, 2001). Os solos que predominam a região semiárida são de origens cristalinas, silicosos e com baixa capacidade de infiltração e conteúdo de matéria orgânica, que associados às altas intensidades de chuva, têm causado perdas de água por escoamento e elevada erosão hídrica (ANJOS, 2000).

A cobertura vegetal influencia não só na interceptação da precipitação, protegendo o solo dos impactos das gotas da chuva, mas na produção de matéria orgânica, formação de agregados e infiltração, reduzindo o escoamento superficial e a erosão (OLIVEIRA JUNIOR & DIAS, 2005; MORGAN, 2005; RODRIGUES et al., 2015; JONG & JETTEN, 2007; LI, et al., 2007). Esses dois processos ocorrem rapidamente em áreas com menos de 70% da vegetação, sendo geralmente regiões semiáridas, agrícolas ou de superpastejo (GUERRA, 1998). Segundo Lopes et al.

(1987), o aumento da porcentagem dos resíduos vegetais sobre o solo também diminuem a velocidade do escoamento e dos sedimentos transportados, pois o material servirá como barreira física retendo esses sedimentos de maior tamanho, evitando assim o seu transporte.

A vegetação caatinga ocupa toda a região semiárida nordestina (MMA, 2003) e a literatura carece de estudos que esclareçam a capacidade desse tipo de vegetação em suportar os impactos pela chuva e reduzir o escoamento superficial (FREITAS et al., 2008).

O mecanismo de geração de escoamento superficial é muito complexo, pois depende de várias variáveis, incluindo a chuva (quantidade e duração ou intensidade), a umidade do solo, o uso e a cobertura da terra, o tipo de solo, a declividade da bacia hidrográfica e assim por diante. Vários modelos foram desenvolvidos e relatados na literatura para análise de escoamento superficial (MISHRA & SINGH, 2003).

O método da curva número do Serviço de Conservação de Solos Americano (SCS-CN) (SCS, 1964, 1972) é um dos métodos mais empregado para estimar o volume de escoamento superficial para uma determinada chuva. É um modelo constituído de dois parâmetros, I_a (abstração inicial) e S (ou retenção máxima potencial), que prevê o escoamento superficial a partir de eventos individuais de chuva. Devido à simplicidade na requisição dos dados de entradas, muitos modelos de erosão, hidrológicos e de qualidade da água (YOUNG et al., 1989, SHARPLEY & WILLIAMS, 1990) empregaram este método para a determinação do escoamento superficial.

A relação entre os parâmetros do método da CN, abstração inicial (I_a) e S ($\lambda = I_a / S$), é um parâmetro importante na determinação da lâmina de escoamento superficial. Essa taxa depende em grande parte das condições climáticas da bacia hidrográfica (PONCE & HAWKINS, 1996). Tradicionalmente o valor de λ é ajustado para um valor igual a 0,2 na equação da CN-SCS (SCS, 1964, 1972). No entanto, muitos pesquisadores (BALTAS et al., 2007; D'ASARO & GRILLONE, 2012; D'ASARO et al., 2014, ELHAKEEM & PAPANICOLAOU, 2009, HAWKINS & KHOJEINI 2000; HAWKINS et al. 2002; SHI et al., 2009; YUAN et al., 2014) questionaram a validade e a aplicabilidade de $\lambda = 0,2$, invocando seu exame crítico para aplicações práticas.

Na literatura, foram relatados vários métodos para a determinação da CN a partir de dados observados de chuva (P) e de escoamento superficial (ES). Os mais

comuns e amplamente utilizados são os métodos: NEH-4, tradicionalmente recomendado pelo SCS (SCS, 1964, 1972), cujos valores são tabelados; o método dos mínimos quadrados (MMQ) (HAWKINS et al., 2002) e o método de ajuste assintótico (MAA) (HAWKINS et al., 2009). Além disso, pesquisadores documentaram a precisão relativa de vários métodos de determinação de CN e os compararam com aqueles tabelados NEH-4 (D'ASARO et al., 2014, FENNESSEY, 2000; SCHNEIDER e TEDELA et al., 2012, TITMARSH et al., 1995, 1996). Os valores de CN são geralmente derivados a partir dos valores tabelados NEH-4 utilizando apenas dois dados estáticos, o tipo de solo e o uso/cobertura da terra. No entanto, a geração do escoamento superficial também é afetada por outras condições fatores como a vertente da bacia hidrográfica (DODDS, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREAS DE ESTUDO

As áreas estudadas estão situadas nas fazendas Buenos Aires e Alagoinha, no município de Serra Talhada – PE (7° 59' 31" S e 38° 17' 59" O, 430 m), microrregião do Vale do Pajeú (Figura 1).

De acordo com a classificação de Köopen o clima da região é Bshw' (ALVARES et al., 2013), semiárido, caracterizando-se por ser quente e seco, com as chuvas de verão ocorrendo entre os meses de dezembro a maio e segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2016), a precipitação pluvial anual média é de 654 mm. As classes de solos predominantes são Neossolo Litólico e Luvisolo Crômico (EMBRAPA, 2013).

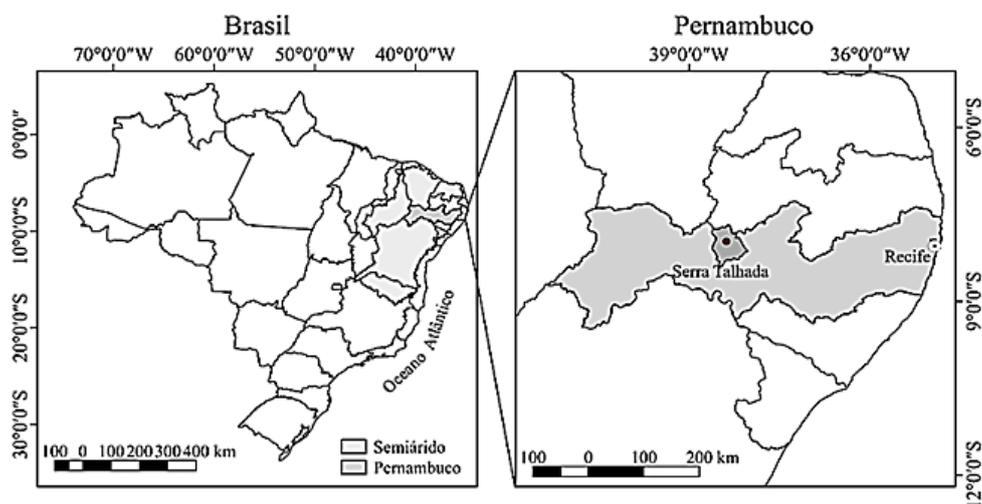


Figura 1. Localização da área experimental, Serra Talhada-PE.

3.2 CARACTERIZAÇÕES DAS ÁREAS

As avaliações foram realizadas em uma área de pastagem degradada e em duas áreas de caatinga.

- i) Uma área de pastagem degradada (PD) com o pasto introduzido em 1995 com duas espécies de gramíneas C4, o capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e o capim corrente (*Urochloa mosambicensis*). Porém, atualmente a área está degradada, e durante

o período úmido apresenta alta densidade das espécies malva branca (*Malva Sylvestris* L.) e mata-pasto (*Senna obtusifolia*).

ii) Uma caatinga preservada (CP), sem extração de madeira há pelo menos 20 anos e utilizada para pastejo de ovinos e bovinos, durante a estação chuvosa. Possui como vegetação predominante, o Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), a Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), a Jurema (*Mimosa tenuiflora*) e o Marmeleiro (*Cydonia oblonga*), além de outros gêneros em menor ocorrência como, o Angico (*Anadenanthera colubrina*), a Baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), o Mandacaru (*Cereus jamacaru*), a Imburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*) e Imburana-de-cheiro (*Amburana*);

iii) Uma área denominada de caatinga de angico (CA) pelo fato da predominância dessa espécie, que também é pastejada durante a estação chuvosa.

iv) Uma área de caatinga em que a vegetação foi cortada e atualmente encontra-se em regeneração (CR), com um extrato arbustivo com o predomínio de Jurema (*Mimosa tenuiflora*) e Marmeleiro (*Cydonia oblonga*) e um extrato herbáceo predominantemente formado por malva branca (*Malva sylvestris* L.) e mata-pasto (*Senna obtusifolia*).

As características físicas dos solos das áreas avaliadas, exceto da área de CA, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas dos solos das áreas estudadas. (PD), caatinga preservada (CP), e caatinga em regeneração (CR), Serra Talhada, 2016.

Áreas	Argila g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Areia g kg ⁻¹	Ds g cm ⁻³	Classe textural
PD	167,30	166,31	666,38	1,44	Franco arenoso
CP	111,04	172,44	716,52	1,39	Franco arenoso
CR	109,43	206,86	683,67	1,39	Franco arenoso

Ds- densidade

3.3 VARIÁVEIS AVALIADAS

3.3.1 Chuva externa e Chuva interna

Nas duas áreas de caatinga (CP e CA) foram coletadas as chuvas externa (P_{ext}), acima do dossel da vegetação, e interna (P_{int}), abaixo do dossel da vegetação.

As medidas de P_{ext} foram obtidas com pluviômetros eletrônicos (TR52SUW, Texas Eletronics), com precisão de 0,2 mm. Para a CP o pluviômetro foi instalado em uma torre micrometeorológica a 10 m de altura, enquanto que para a CA utilizaram-se os dados de um pluviômetro localizado a 0,88 km de distância, em uma área aberta de pastagem.

O monitoramento da P_{int} foi realizado em quatro parcelas retangulares de 400 m². Em cada parcela, foram instalados cinco pluviômetros confeccionados com PVC e com recipientes coletores com capacidade de 10 litros cada (modelo adaptado de Moura, 2013) (Figura 3). Os pluviômetros foram instalados a 0,90 m acima do nível do solo, espaçados aproximadamente, a cada 10 m. As coletas da P_{int} foram realizadas após as chuvas, no dia seguinte, pela manhã, e foi calculada da seguinte forma:

$$P_{int} = \left(\frac{V}{A} \right) * 10 \quad (3)$$

sendo:

P_{int} a chuva interna (mm);

V o volume de água coletado (mL);

A a área de captação do pluviômetro interno (cm²);



Figura 2. Pluviômetro para avaliação da chuva interna

As coletas dos dados de P_{int} da caatinga preservada iniciaram-se dia 11 de janeiro, e na caatinga de angico a partir do dia 23 de janeiro, e se estenderam até o mês de dezembro de 2016.

3.3.1.1 Modelagem e espacialização da interceptação da chuva

A interceptação da chuva (I) foi determinada pela diferença entre a P_{ext} e a P_{int} . Para a modelagem da interceptação assumiu-se a seguinte relação exponencial (Aston, 1979):

$$I = S_{max} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-kP_{ext}}{S_{max}}\right) \right) \quad (4)$$

sendo:

S_{max} a capacidade máxima de armazenamento de água pelo dossel da vegetação (mm);

k o fator de correção da abertura do dossel (adimensional);

Para evidenciar mudanças temporais e espaciais na interceptação da chuva (I), os parâmetros S_{max} e k foram correlacionados com o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), conforme procedimento utilizado por Jong & Jetten (2007).

Os dados do NDVI foram obtidos a partir de imagens do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 m em intervalos de 16 dias, disponíveis na base “Google Earth Engine” (<https://earthengine.google.com/>). Os valores do NDVI dos pixels referentes às parcelas das duas áreas foram extraídos de 19/12/2015 até 13/09/2016.

Nenhuma das variáveis descritivas do NDVI (média, mediana, valores máximos e mínimos) gerou correlação com os parâmetros S_{max} e k (Eq.4), portanto buscou-se avaliar S_{max} *versus* intervalo médio dos valores de NDVI médio e máximo da série de dados ($N' = [NDVI_{med} + NDVI_{max}]/2$). Não foi encontrada correlação entre o parâmetro k e o NDVI, assim utilizou-se o valor médio obtido das parcelas de monitoramento.

3.3.2 Escoamento superficial de água no solo nas quatro áreas estudadas

Foram instalados quatro sítios experimentais para as medidas de escoamento superficial da água no solo, em cada uma das quatro áreas: pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR).

Um dispositivo de formato retangular foi utilizado para contornar uma área representativa de cada parcela experimental, que permite a obtenção do volume de água escoado superficialmente logo após a chuva em cada sítio. Para isso foi utilizada uma parcela padrão (1,02 m²) para a medida do escoamento superficial, cercada por meio de chapa galvanizada de 30 cm de altura, sendo 15 cm introduzidos no solo (Figura 3). Na parte inferior da parcela, uma calha conduz a água escoada a tanques coletores.



Figura 3. Calha de monitoramento do escoamento superficial e recipiente coletor

O escoamento superficial de água no solo foi determinado da seguinte forma:

$$ES(mm) = \left(\frac{hA_{rc}}{A_{ca}} \right) 1000 \quad (5)$$

sendo:

ES o Escoamento superficial (mm);

h a altura da água no recipiente (m);

A_{rc} a Área do recipiente coletor (m²);

A_{ca} a área da calha (m²);

As medidas de escoamento superficial na PD foram obtidas de 17/02/2013 até 22/12/2016, enquanto que na CP, CA e CR as coletas iniciaram-se em 15/01/2014 e se estenderam até 22/12/2016.

3.3.3 Método da Curva Número CN-SCS

O método da Curva Número do *Soil Conservation Service* (CN-SCS) é uma equação empírica que prevê o escoamento superficial a partir de informações da precipitação e do componente solo-vegetação, considerando o tipo, o uso, a umidade inicial e a condição hidrológica do solo (NRCS, 2007). Assim, o escoamento superficial é expresso matematicamente por:

$$ES = \frac{(P-\lambda S)^2}{(P+S-\lambda S)} \quad \text{para } P > \lambda S \quad (5.1a)$$

$$ES=0 \quad \text{de outra forma} \quad (5.1b)$$

sendo:

ES o escoamento superficial (mm);

P a chuva total (mm);

λ a taxa de abstração inicial (recomendado pelo SCS $\lambda = 0,2$);

S (mm) a retenção máxima potencial ou capacidade máxima de infiltração;

Na aplicação do modelo CN-SCS, a capacidade máxima de infiltração (S) normalmente é obtida pela equação proposta por Hawkins (1973), cujos dados de entrada são os valores de P_{ext} e ES, com o uso da curva número (CN):

$$CN = \frac{25400}{S+254} \quad (5.2)$$

Uma vez que o parâmetro S é definido variando de $0 \leq S \leq \infty$, o valor adimensional de CN é definido e normalmente o seu valor pode variar de 1 a 100. De acordo com Araújo Neto et al. (2012), para as condições de campo, o valor de CN situa-se entre 35 e 98, sendo o limite inferior para condições de solo com alta taxa de infiltração e com pouco escoamento, já o limite superior é para condições de solo de baixa taxa de infiltração e alto escoamento superficial.

Quando não se tem os valores medidos de P_{ext} e ES para obtenção do S, o CN é determinado a partir de um grupo de atributos hidrológicos dos solos, que levam em consideração as informações da cobertura e do manejo dos solos e que são tabelados (NEH-4) conforme a *Soil Conservation Service* (SCS). Neste trabalho, o valor de S foi obtido a partir do ajuste dos dados observados de chuva (P) e escoamento superficial (ES) utilizando o método do mínimo quadrado e impondo os valores de λ iguais a 0,1 e 0,2, respectivamente.

3.3.4 Avaliação de desempenho

Para a avaliação da concordância entre os parâmetros observados e estimados, foram utilizados três critérios para avaliar o melhor ajuste: erro quadrático médio (EQM), o coeficiente de eficiência de Nash–Sutcliffe (CNS) (Nash e Sutcliffe, 1970) e o coeficiente de determinação (R^2).

O coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (CNS) (Nash e Sutcliffe, 1970) é definido como:

$$CNS = \left(1 - \frac{\sum_1^n (ES_o - ES_e)^2}{\sum_1^n (ES_o - \bar{ES})^2} \right) \quad (5.3)$$

O ES_o (mm) e ES_e (mm) respectivamente os escoamentos observados e estimados para as chuvas que promoveram escoamentos, n é o número total de escoamentos e ES_{medio} (mm) o valor médio dos escoamentos observados. O $CNS = 1$ indica que os valores observados e estimados estão em perfeito acordo, e seus valores decrescentes indicam fraca concordância. Um valor negativo de CNS também pode ocorrer indicando que as estimativas são tendenciosas que indicam que o escoamento médio observado é a melhor alternativa do que o escoamento calculado.

Um valor de erro quadrático médio (EQM) maior indica o modelo de pior desempenho e reciprocamente o valor menor indica o melhor desempenho.

$$EQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (ES_o - ES_e)^2} \quad (5.4)$$

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

As chuvas foram divididas em classes de lâminas de precipitação de acordo com Sturges (1926) para fins de análise de distribuição. Na análise descritiva dos dados de chuva interna, interceptação da chuva e NDVI, bem como nas análises de regressão entre os parâmetros (S_{max} e k) e os dados de NDVI (N'), utilizou-se como aplicativo o software SigmaPlot (10.0) (Jandel Scientific). A análise estatística para os testes de comparação, bem como os ajustes dos modelos de escoamento superficial foram realizados com o software R (R Core Team).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CHUVA INTERNA E INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA NAS ÁREAS DE CAATINGA

A distribuição das chuvas durante os meses de 2016 e da normal climatológica de Serra Talhada (1911-2015) é apresentada na Figura 4. A concentração das chuvas de maior volume nas áreas ocorreu nos meses de janeiro e março de 2016. Todos os meses, com exceção de janeiro, tiveram chuvas abaixo da normal climatológica. O mês de janeiro apresentou um valor bem acima da média, para as duas áreas avaliadas, com diferenças que ultrapassaram 150 mm de chuva a mais do valor da normal climatológica (Figura 4).

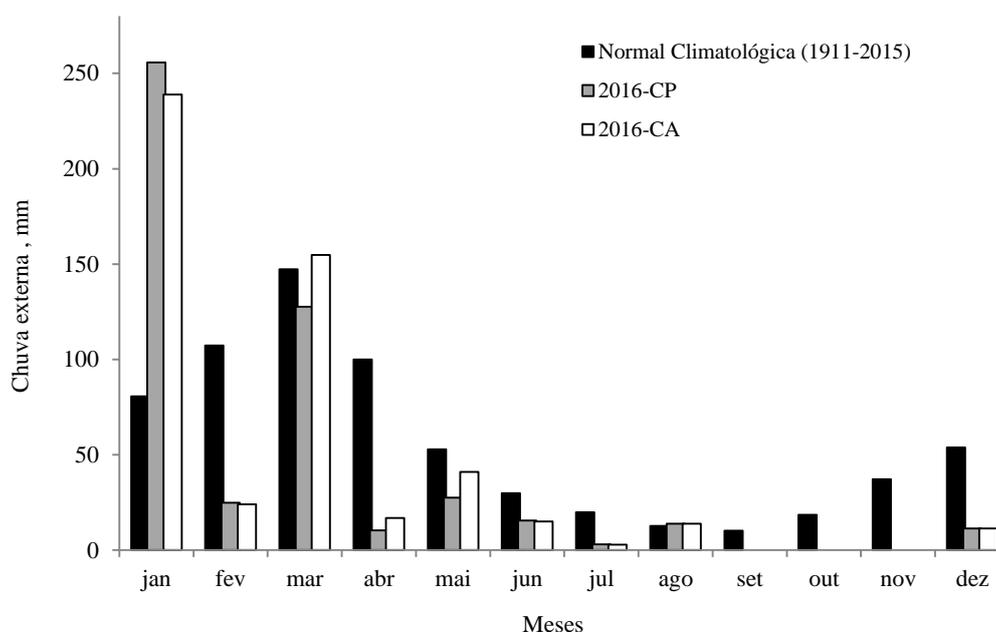


Figura 4. Chuva externa para os meses estudados em 2016, e para normal de Serra Talhada-PE.

A chuva externa acumulada no período de avaliação para a CP foi de 490,2 mm, enquanto que para CA foi de 518,5 mm. O valor acumulado da chuva externa na caatinga de angico foi menor, pelo fato das avaliações terem começado no fim do mês de janeiro, não sendo contabilizadas as chuvas mais extremas do início do mês.

Na CP, a chuva interna e a interceptação representaram respectivamente 66,3 e 33,7% da chuva, enquanto que na CA isso correspondeu a 58,2 e 41,8%, respectivamente.

A partir da série de dados das variáveis P_{ext} , P_{int} , I e NDVI, foi realizada a estatística descritiva (Tabela 2). Os valores de CV das chuvas externas e internas foram superiores a 120%. Um levantamento de 30 anos das séries temporais diárias de chuvas para os estados da Paraíba e Pernambuco constatou uma variação de CV entre 79 e 243% (SILVA et al., 2011), corroborando com os valores encontrados nesse estudo.

Tabela 2 Estatística descritiva para as variáveis avaliadas para as áreas de caatinga preservada (CP) e caatinga de angico (CA), Serra Talhada, 2016.

	Caatinga Preservada (CP)				Caatinga de Angico (CA)			
	P_{ext} (mm)	P_{int} (mm)	I (mm)	NDVI	P_{ext} (mm)	P_{int} (mm)	I (mm)	NDVI
Mínimo	1,20	0,43	0,22	0,18	1,80	0,30	0,56	0,27
Máximo	90,40	79,36	17,94	0,72	73,20	61,15	22,61	0,79
Média	16,20	11,65	5,46	0,39	13,06	7,60	5,46	0,47
Mediana	7,65	4,01	3,04	0,35	6,20	2,19	3,02	0,38
Erro padrão	4,45	3,93	1,15	0,03	3,45	2,91	1,15	0,04
CV (%)	134,67	165,39	102,84	41,46	129,32	187,62	103,05	41,82

P_{ext} - chuva externa; I - interceptação da chuva e NDVI - Índice de vegetação por diferença normalizada.

As médias do NDVI nas áreas de caatinga (CP e CA) foram respectivamente 0,39 e 0,47, com erro padrão de 0,03 e 0,04. Considerando a distribuição das chuvas nas duas áreas, o mês de janeiro choveu 255,8 mm, na CP, e 238,8 mm, na CA, o que correspondem a aproximadamente 52 e 46% do total pluviométrico anual das respectivas áreas. No mês de março, as chuvas de 127,1 e 154,8 mm, correspondem a 26 e 29% da chuva anual, nessa ordem, para as áreas de CP e CA. Os valores de NDVI atingem um patamar ($\approx 0,8$) de abril a maio, quando houve uma maior rebrota das folhas das espécies da caatinga, em resposta as chuvas do período de janeiro a março.

Algumas pesquisas avaliaram o comportamento do NDVI e sua relação com a chuva e encontraram valores máximos entre 0,7 a 0,8 em região semiárida (SILVA et al., 2009; SOUZA et al., 2015; SOUZA et al., 2016), ratificando os valores encontrados neste trabalho.

A fórmula proposta por Sturges (1926) indicou a necessidade de divisão da amostra em quatro classes de chuvas com intervalos de 13 mm. A distribuição das diferentes classes de chuvas é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Distribuição da chuva (P_{ext}) chuva interna (P_{int}) e da interceptação da chuva (I) em função das classes de chuva, para as áreas de caatinga preservada (CP) e de caatinga de angico (CA), Serra Talhada, 2016.

Classes (mm)	Nº	P_{ext} (mm)	P_{int}		I	
			(mm)	(%)	(mm)	(%)
Caatinga Preservada (CP)						
P < 13	19	95,3	59,6	62,5	35,7	37,5
13 ≤ P < 26	5	105,7	52,3	49,5	53,4	50,5
26 ≤ P < 39	2	54,0	19,4	35,9	34,6	64,1
P ≥ 39	3	209,1	175,1	83,8	33,9	16,2
Caatinga de Angico (CA)						
P < 13	15	72,5	37,0	51,0	35,5	49,0
13 ≤ P < 26	5	76,5	30,3	39,6	46,2	60,4
26 ≤ P < 39	1	31,6	9,3	29,3	22,3	70,7
P ≥ 39	2	119,8	98,2	82,0	21,6	18,0

A maioria das chuvas ($P_{ext} < 13$ mm) favoreceu para que 37,5% fossem interceptadas pela CP, e 49% pela CA. No intervalo de 13 a 39 mm, mais de 55 e 63% das chuvas foram interceptadas pelos dosséis de CP e CA, respectivamente. Por outro lado, das chuvas maiores que 39 mm, apenas 16,2 e 18% foram interceptadas na CP e CA, nesta ordem (Tabela 3).

Em geral as menores classes de chuvas favoreceram para o aumento da interceptação, e o inverso, chuvas de maiores magnitudes, favoreceram para a redução da interceptação. O mesmo comportamento foi observado por Izídio et al. (2013) que estudaram a interceptação da chuva em área de caatinga no semiárido cearense.

As chuvas de baixo volume proporcionam maiores valores de interceptação independentemente dos tipos de fragmentos de vegetação (LORENZON et al., 2013). O mesmo foi observado em área de floresta atlântica (MOURA et al., 2009) e em área de caatinga (AMORIM, 2013). Portanto, pode-se afirmar que a interceptação depende principalmente das características da chuva (GOMEZ et al., 2001; LLORENS & DOMINGO, 2007).

Os meses de janeiro e março apresentaram maiores volumes de chuvas e menores valores de interceptação, para ambas as áreas. Nesses meses, a intensidade das chuvas, que foi de 19 e 28,5 mm/h, respectivamente, contribuiu para menores valores de interceptação do dossel da caatinga.

As pesquisas realizadas em áreas de caatinga apresentam resultados variados de interceptação das chuvas. Esse tipo de vegetação proporciona interceptação de 13% da chuva e permite que 81% cheguem até o solo (MEDEIROS et al., 2009).

Uma caatinga arbustiva é capaz de interceptar 18% da chuva, enquanto que em uma caatinga arbórea esse valor pode corresponder a 35,6% (ALBUQUERQUE & COSTA, 2012).

Esses contrastes são justificados por outros fatores além da vegetação. Não se devem extrair conclusões gerais baseadas apenas na influência da vegetação sobre a interceptação, pois além das características morfológicas, como área foliar e inclinação dos galhos, tais conclusões dependem também das características das chuvas e das condições meteorológicas (CROCKFORD & RICHARDSON, 2000).

4.2 MODELAGEM E ESPACIALIZAÇÃO DA INTERCEPTAÇÃO

O modelo exponencial de Aston (1979) (Eq. 4) foi ajustado aos dados de interceptação da chuva para duas áreas de caatinga e apresentou bons ajustes nas estimativas dos parâmetros de interceptação S_{max} e k (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros do modelo interceptação de Aston (1979) para as 4 parcelas da áreas de caatinga preservada (CP) e parcelas da caatinga de angico (CA), Serra Talhada, 2016.

	CP				CA			
	Par1	Par2	Par3	Par4	Par1	Par2	Par3	Par4
S_{max} (mm)	16,65	14,35	13,90	12,63	15,18	13,49	13,58	13,78
k	0,79	0,80	0,76	0,77	0,79	0,88	0,82	0,92
R^2	0,71	0,60	0,59	0,58	0,64	0,55	0,54	0,56
EQM	3,57	3,94	3,84	3,60	2,27	2,26	2,26	2,27

S_{max} - capacidade máxima de armazenamento de água pelo dossel; k - fator de correção de abertura pelo dossel; R^2 - coeficiente de determinação e EQM - erro quadrático médio; Par-parcela.

Os valores de S_{max} na CP variaram entre 12,63 e 16,65 mm, já na CA, essa variação foi entre 13,49 e 15,18 mm (Tabela 4). Entre o menor e o maior valor de S_{max} houve um aumento de 38% na CP e 12% na CA. As características morfológicas das diferentes espécies presentes na CP permitiu uma maior amplitude nos valores de S_{max} já que esse parâmetro varia em função da vegetação (JONG & JETTEN, 2007). Na CA, devido à predominância de uma mesma espécie a amplitude entre os dados de S_{max} foi menor.

De acordo com os coeficientes de determinação (R^2) (Tabela 4), a variação da interceptação da chuva nas parcelas da CP é explicada entre 50 a 76% pela chuva

externa, enquanto que na área de CA é explicada entre 54 a 64% pela chuva, ou seja, em ambas as áreas, a interceptação é, em sua maior parte, explicada pela variável chuva, porém o seu comportamento depende também de outras variáveis.

A maior diversidade de espécies na área de CP não expressou curvas de interceptação que indicassem grande diferença entre as parcelas (Figura 5A). Da mesma forma, quando comparada às duas áreas, as curvas de interceptação apresentam comportamentos similares (Figuras 5A e 5C).

Existe uma boa relação entre o parâmetro S_{max} e o N' . Se o N' aumenta, o parâmetro S_{max} também aumenta (Figuras 5B e 5D). De acordo com os coeficientes de determinação (R^2), 80% da variação no S_{max} é explicada pela variação do N' , para ambas as áreas (Figuras 5B e 5D), ou seja, quanto mais verde, maior é a cobertura vegetal, e conseqüentemente maior é a capacidade de armazenamento de água pelo dossel.

Devido a sazonalidade da vegetação da caatinga não foi possível correlacionar o S_{max} com o $NDVI_{max}$, pois esse tipo de vegetação apresenta elevada variação do NDVI ao longo do ano. No período de estiagem, o NDVI atinge um valor mínimo ($\approx 0,18$) devido a presença das espécies decíduas e somente logo após o período das chuvas que ocorre a rebrota das folhas e a vegetação atinge um valor de $NDVI_{max}$, atingindo aproximadamente 0,8.

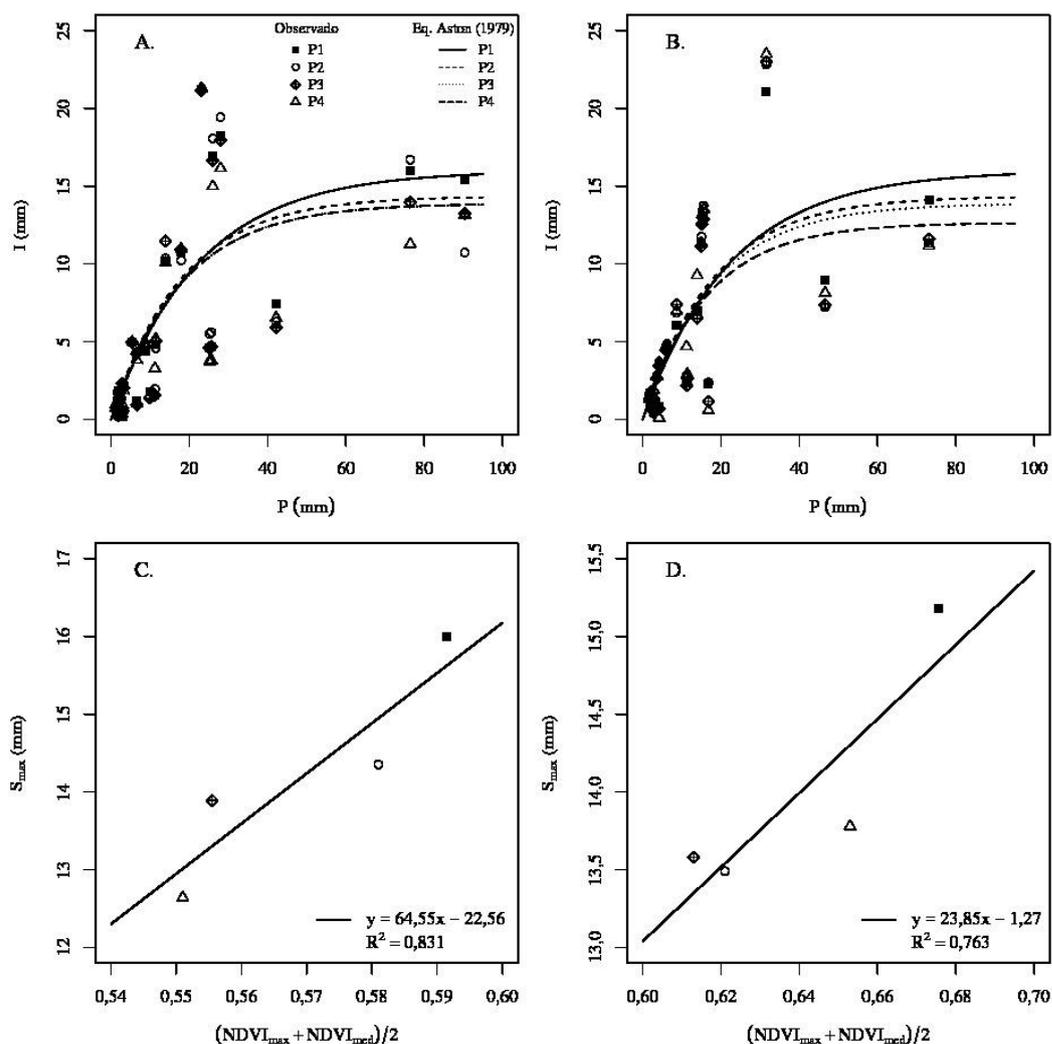


Figura 5. Comparação da interceptação da chuva observada com a calculada pela equação de Aston (1979) e correlação do S_{max} com o N' nas 4 parcelas das áreas caatinga preservada (A-C) e de angico (B-D).

A ocorrência das primeiras chuvas favorece o reestabelecimento da vegetação da caatinga, fator que explica o comportamento do NDVI apresentado na Figura 6. É possível observar que as chuvas de janeiro a março favoreceram o aumento do NDVI do mês de abril a maio, o que favorece a interceptação da maior parte da chuva nesses meses. De junho a agosto, período de estiagem, as condições atmosféricas aliadas aos baixos volumes de precipitação favorecem a interceptação, pois a água que chega ao dossel da vegetação evapora com mais facilidade.

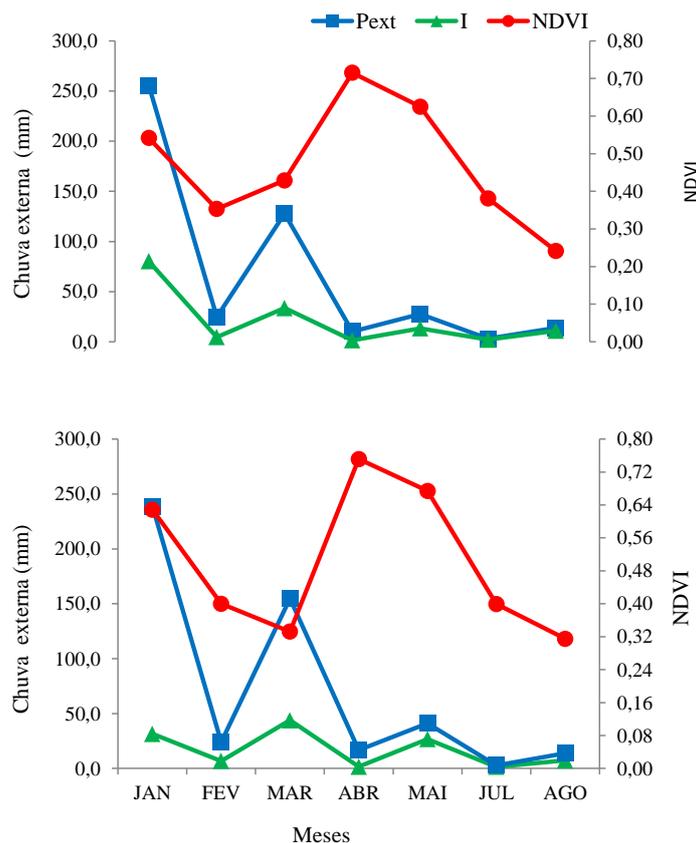


Figura 6. Intercepção da chuva; Pext- Chuva externa; NDVI- Índice de vegetação por diferença normalizada. A) Caatinga preservada; B) Caatinga de Angico.

Foram delimitados 4,67 e 4,07ha para a CP e CA, respectivamente, para determinação dos valores de N' em cada pixel das imagens capturadas, compondo um arquivo raster com a resolução inicial do Landsat 8 (30 m). Em seguida estimaram-se os valores de S_{max} para cada área, constituindo um terceiro arquivo raster.

Para espacialização, os valores dos arquivos rasters de S_{max} foram aplicados na Eq. 4, obtendo-se então a I para cada chuva. Dessa forma, estabeleceu-se 28 arquivos rasters de I para CP e 23 para CA. Por fim, obteve-se mais um arquivo raster com a intercepção total da chuva (I_{tot}) resultante da soma dos rasters individuais de I .

A modelagem permitiu extrapolar a variação do S_{max} e da intercepção total (I_{tot}) para 4,69 ha, na CP, e 4,07 ha, na CA (Figura 7). Existe uma maior variação espacial do S_{max} e da I_{tot} (%) na CP, refletido pela maior diversidade de espécies (Figura 7A e B), quando comparada com a CA, onde predomina a espécie arbórea angico (Figura 7C e D). A I_{tot} na CP apresentou uma amplitude de variação de 20 mm, enquanto que na CA foi de apenas 8 mm. Entretanto, percebe-se que o predomínio das

árvores de angico foi decisivo para que esta área apresentasse uma menor variação de S_{\max} e maior I_{tot} (%) (Figura 7C e D).

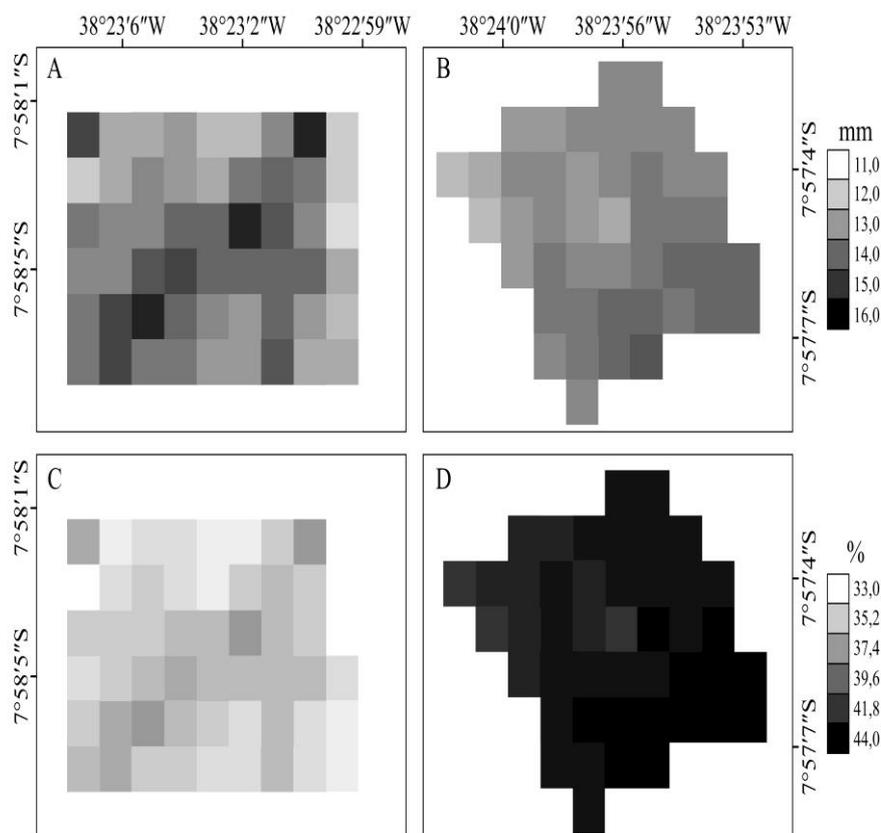


Figura 7. Capacidade de armazenamento do dossel (S_{\max}) e interceptação total (I_{tot}) para as áreas de caatinga preservada (CP) e de angico (CA). A) S_{\max} -CP; B) S_{\max} -CA; C) I_{tot} -CP; D) I_{tot} -CA.

4.3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO NAS ÁREAS DE CAATINGA E PASTAGEM

Na área de pastagem degradada (PD), houve o maior registro de escoamento superficial (ES), pois o monitoramento dessa variável iniciou-se em 2013, enquanto que na as áreas de caatinga houve menores registros de ES, pois as avaliações iniciaram-se apenas em 2014 (Tabela 5). Os valores mínimos do ES foram semelhantes para as quatro áreas estudadas, sendo esses valores inferiores a 1,0 mm. Por outro lado, na PD, o valor máximo de ES registrado foi quase o dobro dos valores máximos registrados nas áreas de caatinga.

A PD e a CP apresentaram valores médios de ES na ordem de 6,0 mm, superando a média do escoamento superficial nas áreas de CA e CR. Nas quatro áreas de estudo foi observado alto valor do desvio padrão, e conseqüentemente, do coeficiente de variação das medidas do ES, que variou entre 91 a 112%. Apesar dos valores de CV terem sido elevados, o escoamento superficial apresentou uma distribuição de frequência normal de acordo com teste de Kolmogorov-Sminorv a 5% de probabilidade nas quatro áreas estudadas (Tabela 5).

Tabela 5. Estatística descritiva do escoamento superficial nas áreas de pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR).

	PD ¹	CP ²	CA ³	CR ⁴
Nº eventos	44	11	13	12
Mínimo (mm)	0,34	0,34	0,21	0,57
Máximo (mm)	34,20	16,64	15,17	12,87
Média (mm)	6,10	6,23	3,96	3,14
Desvio padrão	6,27	5,69	4,44	3,370
CV (%)	102,90	91,42	112,12	107,29
Total (mm)	268,24	68,48	51,53	37,69
KS Teste	0,072	0,574	0,501	0,372
Fração da chuva	0,26	0,12	0,07	0,07

¹ monitoramento de 2013- 2016; ^{2,3} monitoramento de 2014-2016; ⁴ monitoramento de 2014 - 2015.

O escoamento total foi maior na PD, uma vez que o monitoramento do ES teve início em 2013. A proporção da água da chuva perdida pelo escoamento superficial variou de 7 a 26%, com o maior valor registrado na PD e o menor nas áreas de CA e CR. Dessa forma, a fração da água da chuva perdida pelo escoamento superficial na PD é no mínimo o dobro do que é perdida nas áreas de caatinga (Tabela 5).

Apesar das diferenças na magnitude e na fração de água da chuva perdida, a distribuição de frequência do escoamento superficial nas quatro áreas foi semelhante (Figura 8A-D). A maior parte dos registros de ES das quatro áreas se encontrou no intervalo de 0- 5,0 mm. Em ordem crescente, essa classe de escoamento compreende de 54% e 92% dos registros de escoamento na PD e CR, respectivamente.

Na PD foi registrado apenas um evento de escoamento acima de 30 mm, por ocasião do grande volume de chuva (que é menos frequente). Esse evento surge como

um *outlier*, observado na Figura 8E. A distribuição das séries de dados do escoamento superficial foi mais uniforme na CP, uma vez este tipo de vegetação foi o único que não teve valores classificados como *outliers* (Figura 8E).

Apesar do maior número de escoamentos na PD, o escoamento superficial médio nessa área foi igual aos das demais áreas. As chuvas maiores do que 13 mm provocaram o escoamento superficial que registraram dados com médias que não diferem significativamente pela análise de boxplot entre as áreas. Por outro lado, há registros de ES na PD para chuvas de menor magnitude (1,3 - 13,0 mm), enquanto que nas áreas de caatinga não ocorrem escoamento devido à interceptação da chuva pela vegetação.

No entanto, o efeito do tipo de vegetação é mais evidenciado quando se avalia a proporção da água da chuva perdida pelo escoamento superficial (Figura 8F). Apesar da sobreposição dos intervalos de confiança da proporção ES/chuva, na PD observam-se valores extremos próximos a 80%, ou seja, dependendo das características da chuva, mais da metade de toda água que chega nessa área através da chuva, pode ser perdida/transferida para outras áreas, e com isso, não contribui nos processos de infiltração e evapotranspiração do solo/vegetação da PD, e ainda interfere negativamente com a perda de solo e de nutrientes.

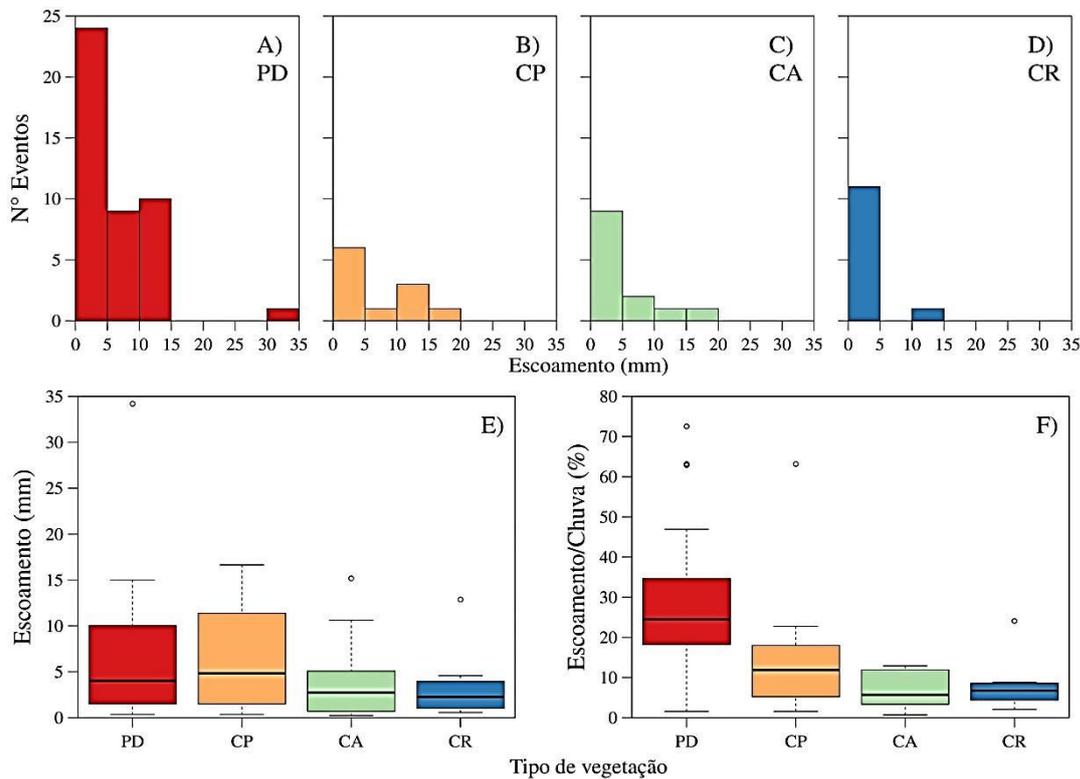


Figura 8. . Escoamento superficial e proporção da chuva escoada por evento nas áreas de pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR). As Barras representam o intervalo de confiança.

Os valores de CN, obtidos na PD são maiores do que nas áreas de caatinga, independentemente do valor de λ utilizado (Tabela 6). Assim, na medida em que o CN reduz, a máxima retenção potencial, S , aumenta uma vez que a relação entre CN e S é inversamente proporcional. Os altos valores do CN (> 70) na PD são atribuídos às intensidades da chuva, a condição de umidade antecedente, a elevada resistência hidráulica das crostas formadas nas superfícies desse solo devido ao pastejo intenso e aos sucessivos e longos períodos de estiagem.

Os valores do CN obtidos neste estudo são próximos aos recomendados pelo SCS-USDA, 75 e 84, para pastagem sob condições hidrológicas regulares, solos com baixa taxa de infiltração e elevado potencial de escoamento. Assim como na PD, os valores de CN obtidos nas áreas de caatinga estão próximos aos valores recomendados para uma área de floresta com condições hidrológicas entre regular e má, e solos com baixo potencial de escoamento e textura mais arenosa, que variam entre 36 e 60 (PRUSKI, 2009).

Os valores do CN obtidos pelo método dos mínimos quadrados ajustando a Eq. 5.1a (equação da CN) aos dados observados, apresentaram valores coerentes com os já estabelecidos para os tipos de vegetação estudados neste trabalho.

Paralelo a obtenção do CN com os dados observados de chuva e escoamento, também foram ajustadas regressões lineares entre essas duas variáveis para comparar o desempenho com o método da curva número. As maiores proporções da chuva convertidas em escoamento superficial na PD (Tabela 6) são representadas pelo maior coeficiente de inclinação da reta que foi quase três vezes maior do que aqueles obtidos nas áreas de caatinga (Tabela 6).

Tabela 6. Valores da CN e do S obtidos para as áreas de estudo com dois valores do λ , e parâmetros da regressão linear entre a chuva e o escoamento superficial nas áreas de pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR).

	$CN_{\lambda=0,1}$	$CN_{\lambda=0,2}$	$S_{\lambda=0,1}$ (mm)	$S_{\lambda=0,2}$ (mm)	Regressão
PD	74,54	79,23	86,74	66,59	$y = 0,271x - 0,2297$
CP	36,58	47,89	440,31	276,43	$y = 0,092x - 1,5024$
CA	30,53	44,34	577,94	318,80	$y = 0,069x + 0,0982$
CR	32,24	46,73	533,85	289,52	$y = 0,088x - 0,5969$

Utilizando o método da CN-SCS e da análise de regressão linear, as lâminas de escoamento (ES) foram calculadas para as quatro áreas. Os valores de CN obtidos a partir dos dados de S (Eq. 6.1a) foram ajustados para os eventos de chuva-escoamento de cada área, sendo os valores de escoamento estimados comparados com os observados correspondentes (Tabela 7 e Figura 9).

Em todas as áreas, os valores da CN obtidos com $\lambda = 0,1$ foram menores do que os obtidos considerando $\lambda = 0,2$. Alguns autores têm reportados que valores de λ inferiores à recomendação do SCS-USDA ($\lambda = 0,2$) apresentam melhor desempenho para estimar o escoamento superficial (LAL et al., 2015). O desempenho do método da curva número, com $\lambda = 0,1$ e $\lambda = 0,2$, bem como da regressão para estimar o escoamento são apresentados na Tabela 7 e Figura 9.

Tabela 7. Parâmetros estatísticos para avaliar o desempenho do método da curva número (CN) e de regressão linear em estimar o escoamento superficial ES em pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico(CA) e caatinga em regeneração (CR).

	Pastagem degradada (PD)		
	CN ($\lambda = 0,1$)	CN ($\lambda = 0,2$)	Regressão
EQM	4,7475	5,0221	3,8874
CNS	0,4140	0,3442	0,6071
R ²	0,5994	0,5861	0,6071
Caatinga preservada (CP)			
EQM	5,2973	5,4907	3,8559
CNS	0,0470	-0,0238	0,4951
R ²	0,5348	0,5295	0,4951
Caatinga de angico (CA)			
EQM	4,1956	4,9445	2,8394
CNS	0,0345	-0,3410	0,5578
R ²	0,3501	0,3400	0,5578
Caatinga em regeneração (CR)			
EQM	2,5349	3,3686	1,0957
CNS	0,3827	-0,0901	0,8847
R ²	0,8305	0,8277	0,8847

EQM- erro quadrático médio; CNS- coeficiente de eficiência de Nash–Sutcliffe; R²- coeficiente de determinação.

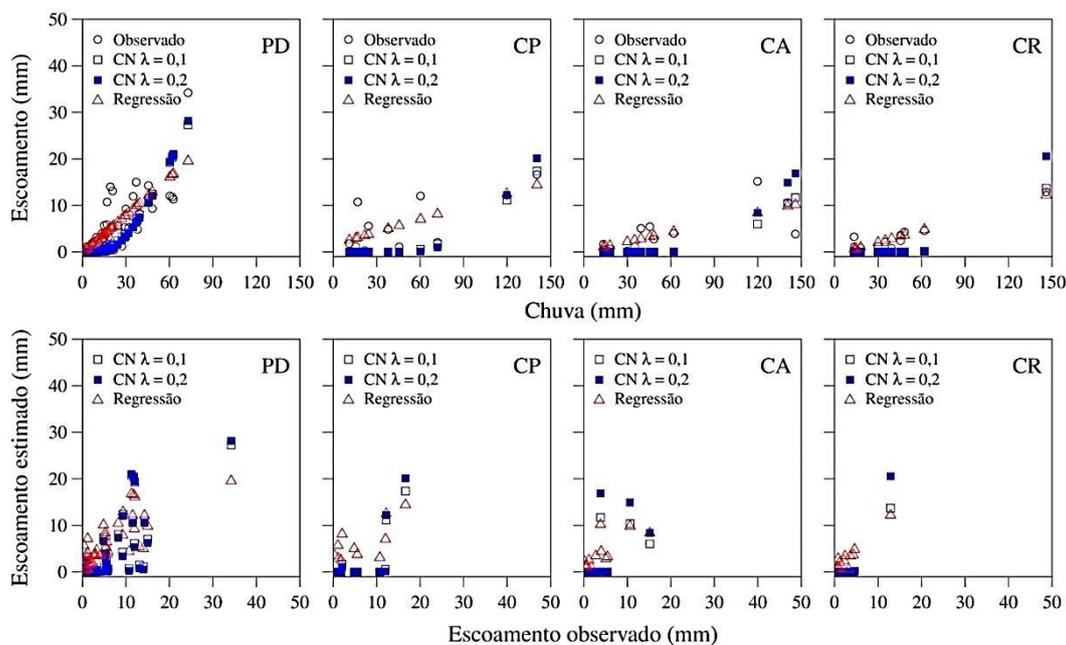


Figura 9. Comparação entre a chuva e o escoamento observado e modelado na pastagem degradada (PD), caatinga preservada (CP), caatinga de angico (CA) e caatinga em regeneração (CR).

Araújo Neto et al. (2012), ao avaliarem a otimização da curva (CN-SCS) para diferentes manejos da caatinga no semiárido brasileiro, encontraram valores de CN maiores que os encontrados nesse estudo de, 75,4, 72,3 e 88,5 para caatinga nativa, caatinga raleada e área de queima com pastagem, respectivamente.

O escoamento superficial é influenciado pela quantidade, intensidade e duração da chuva, tipo de solo, cobertura e uso do mesmo, e dentre eles, a ausência da cobertura vegetal é a principal causa do processo, pois sua ausência facilita a desagregação das partículas do solo e formação de crostas durante a precipitação, aumentando o escoamento (GUERRA, 1998; CALASANS, et al., 2002). Portanto é comum que em áreas descobertas como a área de PD apresente maior vulnerabilidade ao escoamento superficial, em comparação as áreas de caatinga que possuem cobertura vegetal.

5 CONCLUSÕES

A avaliação da interceptação tem uma grande importância em áreas de caatinga, isso pôde ser observado através da porcentagem da interceptação da chuva no presente estudo, que foi de 33,7 % da para área de caatinga preservada, e 41,8 % para área de angico.

Os dados observados se ajustaram bem ao modelo proposto e a correlação entre o S_{\max} e N' ($\text{NDVI médio} + \text{NDVI máximo}/2$) obtidos em cada parcela, possibilitou a espacialização em ambas as áreas de caatinga.

Chuvas de menor magnitude (1,3 - 13 mm) não proporcionaram escoamento superficial de água no solo nas áreas de caatinga, devido à interceptação da chuva pela vegetação.

Os valores da CN obtidos com $\lambda = 0,1$ apresentam melhor desempenho para estimar o escoamento superficial que os obtidos com $\lambda = 0,2$.

Os valores da CN gerados nesse trabalho se aproximaram aos do *Soil Conservation Service* (SCS) para condições similares de uso e cobertura do solo, portanto podem ser utilizados na estimativa do ES de áreas que apresentem as mesmas condições reportadas nesse estudo.

6 REFERÊNCIAS

- Agência pernambucana de águas e clima - APAC. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/>. Acesso em: 19 dez. 2016.
- ALBUQUERQUE, J.S.C.; COSTA, J.S. Interceptação de chuva em diferentes fisionomias de caatinga, Coreaú, CE, **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 3. p.63-75, 2012.
- ALBUQUERQUE, S. G.; BANDEIRA, G. R. L. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, p. 885-891, 1995.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. v.22, p. 711-728, 2013.
- ANDRADE, D. E.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO H. A. Q.; RODRIGUES J. O.; SANTOS, J. C. N. Escoamento superficial versus manejo da vegetação em microbacias do semiárido. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS DO SEMIÁRIDO, 2013, Iguatu. Anais. Fortaleza: MASSA, 2013. p. 1-7.
- ANJOS, J. B. **Métodos de captación de água de lluvia in situ e irrigación**. In: FAO (Roma, Itália). Manual de práticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma. Cap. 15, p. 139-150. (FAO. Boletín de Tierras y Águas, 8), 2000.
- ARAÚJO FILHO, J.A. **Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris**. Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1995. 18p. (EMBRAPA-CNPC. Circular Técnica, 11).
- ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; SANTOS, J. C. N.; LOBATO, F. A. O. Análise comparativa do escoamento superficial de microbacias experimentais em clima semiárido tropical. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, p. 111-120, 2013.
- ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. V.; PINHEIRO, E. A. R. Otimização do número de curva (cn-scs) para diferentes manejos na região semiárida. **Irriga, Botucatu**, Edição Especial, p. 264 - 279, 2012.
- ASTON, A.R. Rainfall interception by eight small tree. **Journal of Hydrology**, v. 42, p. 383-396, 1979.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Chuvaefetiva e interceptação pelas copas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha- São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.
- ARNELL, N. **Hydrology and global environmental change**. Harlow: Pearson Education, 2002. 346p.

ÁVILA, L. F. MELO, C.R.; PINTO, L.C; SILVA, A.M. Partição da precipitação pluvial em uma microbacia hidrográfica ocupada por Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 583-595, 2014.

BALTAS, E.A., DERVOS, N.A., MIMIKOU, M.A., 2007. Determination of the SCS initial abstraction ratio in an experimental watershed in Greece. **Hydrology and Earth System Sciences**. v. 11, p. 1825–1829.

BIGARELLA, J. J.; MAZZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. Livro Guia do III Simpósio Nacional de Controle da Erosão. Maringá. P.01-19; 93-121, 1985.

BORGES, S.B.; OLIVEIRA, M.; BAUMHARDT, E.; PAIXÃO, C.P.S.; JESUS, A.G. Precipitação e Interceptação em uma floresta Ombrófila aberta na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v.1, p. 21, 2012.

BREUER L.; ECKHARDT K.; FREDE H-G. Plant parameter values for models in temperate climates. **Ecological Modelling** v. 169, 237-293, 2003.

CALASANS, N. A. R; LEVY, M. C. T; MOREAU, M. **A bacia hidrográfica como unidade de planejamento**. In: Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Editores.: A.Schiavetti e A.F.M. Camargo. Ilhéus, Ba: Editus, 2002.

CALDER, I. A stochastic model of rainfall interception. **Journal of Hydrology**, v. 89, p. 65–71. 1986

CASTILHO, C.P.G. Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* ssp.) .2000. Dissertação. 274p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campinas, Fortaleza, 2000.

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.

CARVALHO, E.C. D; SOUZA, B.C.; TROVÃO, D.M.B. Ecological succession in two remnants of the Caatinga in the semi-arid tropics of Brazil. **R. bras. Bioci.**, v. 10, n. 1, p.13-19, 2012.

CECCHI G. A., KRÖPFL A. I., VILLASUSO N. M. & DISTEL R. A. Stemflow and soil water redistribution in intact and disturbed plants of *Larrea divaricata* in southern Argentina. **Arid Land Res. Manage** . v.20, p. 209–217, 2006.

CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. Applied hydrology. New York: McGraw-Hill (Water Resources and Environmental Engineering). 1988.522.p.

CROCKFORD, R.; RICHARDSON, D. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. **Hydrological Processes**, v. 14, p. 2903–2920, 2000.

CUARTAS, L.; TOMASELLA, J.; NOBRE, A. D.; HODNETT, M.G; WATERLOO, M.J.; MÚNERA, J.C. Interception water-partitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: marked differences between normal and dry years. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 145, n. 1/2, p. 69-83, July 2007.

D'ASARO, F., GRILLONE, G. Empirical investigation of curve number method parameters in the Mediterranean area. **Journal of Hydrologic Engineering**. v.17, p.1141–1152, 2012.

D'ASARO, F., GRILLONE, G., HAWKINS, R.H.. Curve number: empirical evaluation and comparison with curve number handbook tables in Sicily. **Journal of Hydrologic Engineering** v.19, n. 12, p.1-13, 2014.

DINGMAN, S. Physical hydrology. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 646 p.

DODDS, W.K. Distribution of runoff and rivers related to vegetative characteristics, latitude, and slope: a global perspective. **J. North Am. Benthol. Soc.** v.16, p. 162–168, 1997.

DUNKERLEY D. Identifying individual rain events from pluviograph records: a review with analysis of data from an Australian dryland site. **Hydrol. Process**. v.22, p. 5024–5036, 2008.

DUNKERLEY D. Measuring interception loss and canopy storage in dryland vegetation: a brief review and evaluation of available research strategies. **Hydrological Processes**. v.14, p.669–678, 2000.

ELHAKEEM, M., PAPANICOLAOU, A.N. Estimation of the runoff curve number via direct rainfall simulator measurements in the state of Iowa, USA. **Water Resour. Manage**. v.23, v.12, 2455–2473, 2009.

ESCHNER, A.R. Interception and soil moisture distribution. In: Sopper, W.E., Lull, H.W. (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Forest Hydrology*, August 29–September 10. Pergamon Press, New York, pp. 191–200, 1967.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2005.

FREITAS, F. J.; CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; SILVA, M. D. R. O.; SANTOS, P. M.; CORREA, R. M.; LIMA, P. A.; FIGUEIRA, S. B. Erosão em entressulcos sob caatinga e culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1743-1751, 2008.

GALINDO, I.C.L; RIBEIRO, M.R.; SANTOS, M.F.A.V.S.; LIMA, J.F.W.F.; FERREIRA, R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação

no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1283-1296, 2008.

GIGLIO, J. N; KOBAYAMA, M. Interceptação da Precipitação: Uma Revisão com Ênfase no Monitoramento em Florestas Brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.1 n.2, p. 297-317, 2013.

GIULIETTI, A.M., BOCAGE NETA, A.L., CASTRO, A.A.J.F. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma da caatinga** In: Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: MMA-UFPE; Brasília, DF: 2004. p.47-90.

GIULIETTI, A.M.; QUEIROZ, L.P. Instituto do Milênio do Semiárido. In: GIULIETTI, A.M.; CONCEIÇÃO, A.; QUEIROZ, L.P. Diversidade e caracterização das fanerógamas do semiárido brasileiro. Recife: APNE, 2006, 488p.

GÓMEZ, J. A., GIRÁLDEZ, J. V. & FERERES, E. Rainfall interception by olive tree in relation to leaf area. **Agricultural Water Management**. v. 49, p. 65–76, 2001.

GRIEBELER, N.P.; PRUSKI, F.F.; MARTINS JÚNIOR, D. & SILVA, D.D. Avaliação de um modelo para a estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 411-417, 2001.

GUERRA, A.J.T. **Processos erosivos nas encostas**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Orgs.: A.J.T. Guerra e S.B. da Cunha. 3a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

HAWKINS, R.H., JIANG, R., WOODWARD, D.E., HJELMFELT, A.T., VAN MULLEM, J.A., QUAN, Q.D., 2002. Runoff curve number method: examination of the initial abstraction ratio. Proceedings of the Second Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference. ASCE Publications, Las Vegas.

HAWKINS, R.H., KHOJEINI, A.V. Initial abstraction and loss in the curve number method. Arizona. **Hydrological Society Proceedings**, 2000.

HAWKINS, R.H., WARD, T.J., WOODWARD, D.E., VAN MULLEM, J.A., 2009. Curve Number Hydrology: State of Practice. ASCE, Reston, VA, p. 106.

HERBST, M.; ROSIER, P.; MCNEIL, D.D.; HARDING, R.; GOWING, D.J. Seasonal variability of interception evaporation from the canopy of a mixed deciduous forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 1655–1667, 2008.

HERWITZ, S.R. Raindrop impact and water flow on the vegetative surfaces of trees and the effects on stemflow and throughfall generation. **Earth Surf. Process. Land**. v. 12, p. 425–432, 1987.

HORTON, R.E. Rainfall interception. **Monthly Weather Review**. Washington, v.47, n.9, 1919.

IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

IZÍDIO, 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**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p.44-52, 2013.

JONG, S.M ; JETTEN, V.G.; Estimating spatial patterns of rainfall interception from remotely sensed vegetation indices and spectral mixture analysis **International Journal of Geographical Information Science**, v. 21, n. 5, p. 529-545, 2007.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A. Monitoramento e modelagem da interceptação da precipitação e da umidade do solo em fragmento de mata atlântica. 2016. 188f. (Doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2016.

KERTZMAN, F.C.; OLIVEIRA, A.M.S.; SALOMÃO, F.X.T.; GOUVEIA, M.I.F. Mapa de erosão do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, volume especial, p.31-36, 1995.

KNISEL, W.G., 1980. CREAMS: a field-scale model for chemical, runoff and erosion from agricultural management systems. Conservation Research Report n. 26, South East Area. US Department of Agriculture, Washington, DC.

AMORIM, L.B. Status hídrico de solo e planta em ambiente semiárido associado com a interceptação pluvial. 2013. Tese. 100p. (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares- Aplicação de radioisótopos na agricultura e meio ambiente) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

LANGE, J. & LEINBUNDGUT, C. 2003. Surface runoff and sediment dynamics in arid and semi-arid regions. In: Simmers, I. (Ed.) International Contributions to Hydrogeology 238: Understanding Water in a Dry Environment: Hydrological processes in arid and semi-arid zones. Balkema, Rotterdam, p.114-150.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio. In: Leal, I. R., Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003, p. 13-16.

LI, K.Y.; COE, M.T.; RAMANKUTTY, N.; JONG, R. Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. **Journal of Hydrology**, v. 337, p. 258– 268, 2007.

LIU, J. A theoretical model of the process of rainfall interception in forest canopy. **Ecological Modelling** v.42, p.111–123, 1988

- LLORENS, P. & DOMINGO, F. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe. **J. Hydrol.** v. 335, p. 37–54, 2007.
- 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**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p. 423-430, 2013.
- MAGALHÃES, R. A. **Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle**. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia- GO, 03 a 06 de maio de 2001.
- MARINHO, L. S.; SILANS, A. M. B. P.; BARBOSA, F. A. R. Interceptação da chuva pela vegetação de Caatinga. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 6., 2002, Maceió. Anais... Maceió: UFAL, 2002.
- MEDEIROS, P. H. A.; ARAÚJO, J. C.; BRONSTERT, A. Medidas de interceptação e avaliação do desempenho do modelo de Gash para uma região semiárida. **Revista Ciência Agronômica**. v. 40, n. 2, p. 165-174, 2009.
- MEDEIROS, P.H.A.; ARAÚJO, J.C.; BRONSTERT, A. Interception measurements and assessment of Gash model performance for a tropical semi-arid region. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.2, p.165-174, 2009.
- MISHRA, S.K., SINGH, V.P., Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 2003.
- MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion and Conservation** (Edinburgh: Addison-Wesley Longman), 2005.
- MOURA, A.E.S.S.; CORREA, M.M.; SILVA, E.R.S.; FERREIRA, R.L.C.; FIQUEIREDO, A.C.; POSSAS, J.M.C. Interceptação das chuva em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.3, p.461-469, 2009.
- MOURA, M. S. B. ; GALVÍNCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B. de; SA, I. I. S.; SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no semiárido. In: BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. (Org.). Potencialidades de água de chuva no semiárido brasileiro. 1ed. Petrolina-PE: EMBRAPA/Semiárido, 2007, v. 1, p. 37-59.
- MERRIAM, R.A.,. A note on the interception loss equation. **Journal of Geophysical Research**, v. 65: p. 3850-3851, 1960.
- MUÑOZ-ROBLES, C.; REID, N.; TIGHE, M.; BRIGGS, S. V.; WILSON, B. Soil hydrological and erosional responses in patches and inter-patches in vegetation states in semiarid Australia. **Geoderma**, v. 160, p. 524–534, 2011.
- NASH, J.E., SUTCLIFFE, J.E. Modeling infiltration during steady rain. **Water Resour. Res.** v. 9, p. 384–394,1970.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; DIAS, H. C. T. Chuva efetiva em fragmento secundário da mata atlântica. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 9-15, 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.C. Precipitação efetiva em floresta estacional semidecidual na reserva Mata do Paraíso. 2006. Dissertação. 88p. (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

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

PACHECO, M. V.; MAFRA, M.V. Interceptação florestal em fragmento florestal urbano de Manaus. **Revista Geonorte**, edição especial, v.2, n.4, p.932 – 942, 2012.

PONCE, V.M., HAWKINS, R.H., 1996. Runoff curve number: Has it reached maturity. **Journal of Hydrologic Engineering**. v.1, n.1, p. 11–19.

PORTO, E. R.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L. **Conservação e uso racional de água na agricultura dependente de chuvas**. In. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas / editores, Salomão de Souza Medeiros, Hans Raj Gheyi, Carlos de Oliveira Galvão, Vital Pedro da Silva Paz – Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 440 p., 2011.

PRUSKI, F. F. **Conservação de água e solos**. In: Gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentado de projetos hidroagrícolas. Módulo 7. Brasília-DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV/DEA, 88p.,1998.

PRUSKI, F. F. **Conservação do solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: Ed. UFV, 2006.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, D. D. Modelo hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 5, n. 2, p. 301-307, 2001.

PRUSKI, F. F; BRANDÃO, V. S; SILVA, D. D. **Escoamento superficial**. Viçosa, UFV. 88p., 2003.

PRUSKI, F. F. Escoamento superficial. In: PRUSKI, F. F. (Ed.) *Conservação de solo de solo e água*. Viçosa, UFV, 2009.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. A.; MENDONÇA, L. A. R.; ARAÚJO, J. C.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO, E. M. Respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida em função do uso do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.312-318, 2013.

RODRIGUES, R.N. Resposta hidrológica em cursos efêmeros no semiárido em função da cobertura vegetal e do padrão de chuva. 2016. 72f. (Mestrado em Engenharia Agrícola – Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

RODRIGUES, V.A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R.M.; TARJUELO, J.M.; SARTORI, M.M.P.; CANALES, A.R. Avaliação do escoamento e interceptação da água das precipitação. **Revista Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 1-13, 2015.

ROTENBERG, E.; YAKIR, D. Contribution of Semi-Arid forests to the climate system. **Science**, v.327, p.451-454, 2010.

RUTTER, A., KERSHAW, K., ROBINS, P., MORTON, A. A predictive model of rainfall interception in forest. I. Derivation of the model from observation in a plantation of Corsican pine. **Agricultural Meteorology**. v.9, p. 367–384, 1971.

RUTTER, A., MORTON, A., ROBINS, P. A predictive model of rainfall interception in forests. II. Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood stands. **Journal of Applied Ecology**. v.12, p.367–380, 1975.

SÁ, J.H.M; CHAFFE, P.L.B.; OLIVEIRA, D.Y. Análise comparativa dos modelos de Gash e de Rutter para a estimativa da interceptação por Floresta Ombrófila Mista. **Revista Brasileira de Recursos hídricos/RBRH**, v. 20, n.4, p. 1008-1018, 2015.

SAMPAIO, E.V.S.B.; GASSON, P.; BARACAT, A.; CUTLER, D.; PAREYN, C.F.; LIMA, K.C. Tree biomass estimation in regenerating areas of tropical dry vegetation in northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, 259: 1135 – 1140, 2010.

SANTOS, C. A. G.; PAIVA, F. M. L.; SILVA, R. M. **Modelagem hidrossedimentológica e efeito de escala: O caso da bacia experimental de São João do Cariri**. In: Anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá - PE: ABRH, v.1, pp. 1-19, 2006.

SANTOS, G.G.; NORI, P.G.; OLIVEIRA, L.F.C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.2, p.115-123, 2010.

SANTOS, J. C., LEAL, I. R., CORTEZ, J. S. A., FERNANDES, G. W., & TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, v.4, p. 276- 286 2011.

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

SAYEMUZZAMANA, M.; JHA, M. K. Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States. **Atmospheric Research**. v. 137, p.183-194, 2014.

SCHNEIDER, L.E., MCCUEN, R.H. Statistical guidelines for curve number generation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. v. 131 n. 3, p. 282–290, 2005.

SCS, 1964, 1972. 'Hydrology' National Engineering Handbook, Supplement A, Section 4. Soil Conservation Service, USDA, Washington, D.C.

SHARPLEY, A.N., WILLIAMS, J.R., 1990. EPIC-erosion/productivity impact calculator: 1. Model determination. Technical Bulletin, No. 1768US Department of Agriculture.

SHI, Z.H., CHEN, L.D., FANG, N.F., QIN, D.F., CAI, C.F. Research on the SCS-CN initial abstraction ratio using rainfall-runoff event analysis in the Three Gorges Area, China. **Catena** v.77, p. 1–7, 2009.

SILVA, V. D. 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**, v. 27, p. 163-172, 2012.

SOUTO, P. C. Estudo da dinâmica de decomposição de esterco na recuperação de solos degradados no semiárido paraibano. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2002.

SOUZA, R.M.S.; SOUZA, E.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIMA, J.R.S. Balanço hídrico em área de pastagem no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.5, p.449–455, 2015.

TEDELA, N.H., MCCUTCHEON, S.C., RASMUSSEN, T.C., HAWKINS, R.H., SWANK, W.T., CAMPBELL, J.L., ADAMS, M.B., JACKSON, C.R., TOLLNER, E.W.,. Runoff curve numbers for 10 small forested watersheds in the mountains of the Eastern United States. **Journal of Hydraulic Engineering**. v. 17, n.11, p. 1188–1198, 2012.

TEIXEIRA, A.H.C. Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009. Documentos online 233, EMBRAPA, dez, 2010.

TITMARSH, G.W., CORDERY, I., PILGRIM, D.H. Calibration procedures for rational and USSCS design hydrographs. **Journal of Hydraulic Engineering**. v.121, n.1, p. 61–70, 1995.

TITMARSH, G.W., CORDERY, I., PILGRIM, D.H. Closure of calibration procedures for rational and USSCS design flood methods. **Journal of Hydraulic Engineering**. v.122, n.3, p. 177, 1996.

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

- TROVÃO, D.M.B.M.; SILVA, S.C.; SILVA, A.B.; VIEIRA JÚNIOR, R.L. Estudo comparativo entre três fisionomias de caatinga no estado da Paraíba e análise do uso das espécies vegetais pelo homem nas áreas de estudo. **Revista Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, p. 1-5, 2004.
- TSIKO, C.T.; MAKURIRA, H.; GERRITS, A.M.J.; SAVENIJE, H.H.G. Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. **Physics and Chemistry of the Earth**, v.47, p.122-127, 2012.
- TUCCI, E. M.2009. “Hidrologia Ciência e Aplicação”. P.A., Ed. Da UFRGS, ABRH, 944p.
- VELLOSO, A.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C. **Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002.
- XIAO, Q., MCPERSON, E., USTIN, S., GRISMER, M. A new approach to modeling tree rainfall interception. **Journal of Geophysical Research**. v.105, p. 173–188, 2000.
- YOUNG, R.A., ONSTAD, C.A., BOSCH, D.D., ANDERSON, W.P. AGNPS: a nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watersheds. **Journal of Soil and Water Conservation**. v.44 , n.2, p. 168–173, 1989.
- YUAN, Y., NIE, J., MCCUTCHEON, S.C., TAGUAS, E.V. Initial abstraction and curve numbers for semiarid watersheds in south eastern Arizona. **Hydrological Processes**. v.28, p. 774–783,2014.
- ZENG, N., SHUTTLEWORTH, J., GASH, J. Influence of temporal variability of rainfall on interception loss. Part 1. Point analysis. **Journal of Hydrology**. v. 228, p. 228–241,2000.
- ZINKE, P.J., 1965. Forest interception studies in the United States. In: W.E. Sopper and H.W. Lull (Editors), *Forest Hydrology*, Pergamon, Oxford, p. 137—161.