

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MANEJO E CONSERVAÇÃO DE BACIAS  
HIDROGRÁFICAS NO SEMIÁRIDO**

**PRECIPITAÇÃO EFETIVA EM MICROBACIAS NO SEMIÁRIDO E SUAS  
RELAÇÕES COM A COBERTURA VEGETAL**

**MARIA ELINALDA RIBEIRO COSTA**

**FORTALEZA - CEARÁ**

**2015**

MARIA ELINALDA RIBEIRO COSTA

PRECIPITAÇÃO EFETIVA EM MICROBACIAS NO SEMIÁRIDO E SUAS  
RELAÇÕES COM A COBERTURA VEGETAL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

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

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Eunice Maia de Andrade, PhD.

FORTALEZA – CEARÁ  
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- C874p Costa, Maria Elinalda Ribeiro.  
Precipitação efetiva em microbacias no semiárido e suas relações com a cobertura vegetal / Maria Elinalda Ribeiro Costa. – 2015.  
57 f. : il., color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.  
Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.  
Orientação: Profa. Dra. Eunice Maia de Andrade.
1. Precipitação (Meteorologia). 2. Pluviometria. 3. Cobertura vegetal. I. Título.

MARIA ELINALDA RIBEIRO COSTA

PRECIPITAÇÃO EFETIVA EM MICROBACIAS NO SEMIÁRIDO E SUAS  
RELAÇÕES COM A COBERTURA VEGETAL

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido.

APROVADA EM: 27 / 03 / 2015.

BANCA EXAMINADORA

Eunice Maia de Andrade

Prof<sup>a</sup>. Ph.D. Eunice Maia de Andrade (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

Helba Queiroz de Araújo Palácio

Profa. Dra. Helba Queiroz de Araújo Palácio (Conselheira)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Campus Iguatu.  
(IFCE)

Luis César de Aquino Lemos Filho

Prof. Dr. Luis César de Aquino Lemos Filho (Conselheiro)  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA



A Deus por ter me proporcionado forças em todos os momentos; Aos meus pais, José Elionardo e Célia Maria, por estarem sempre presentes na minha vida; Á meu namorado Marcondes Queiroz, por toda ajuda e pelo carinho; Aos meus familiares, aos parentes e amigos, e a todos os que estiveram ao meu lado durante essa caminhada.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus.

Aos meus pais, por todo amor e carinho que me dedicaram no decorrer da minha vida, por estarem sempre dispostos a me oferecer apoio, pela grande ajuda e incentivo em tudo que fiz sem vocês nada seria possível.

Ao meu namorado Marcondes Queiroz pelo amor, companheirismo e compreensão ao longo desta jornada.

A minha grande amiga Christine Farias que sempre me incentivasse a dar continuidade à vida acadêmica, e pela ajuda nos momentos mais difíceis dessa caminhada.

A professora Dra. Eunice Maia de Andrade, pela sua competência, ensinamentos, divina orientação e, acima de tudo, confiança que ajudou em muito no desenvolvimento do meu trabalho e no meu crescimento e amadurecimento pessoal e profissional.

A professora Dra. Helba Araújo de Queiroz Palácio, pelo apoio e ajuda no período em que estive coletando os dados em Iguatu.

A Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização do curso em nome do coordenador de Pós-Graduação, Claudivan Feitosa de Lacerda, pela excelente qualidade do ensino proporcionado. Aos professores, em especial: Eunice Andrade, José Carlos de Araújo, Pedro Henrique, Assis Junior, Omar Pereira, Marcus Bezerra, George Mamede, Julien Burte e Renato Ribeiro.

Aos colegas do mestrado, Eveline Menezes, Raul Monte, Ramon Costa, Neyson Souza, Socorro Peixoto, Anthony Rafael, Francisco Josivan, Eder Ramon, Leilson Carvalho, Paulilo Palácio, Rafael Rodrigues, Luiz Guerreiro.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa Massa (Manejo de Água e Solo no Semiárido) pelo excelente convívio e amizade: Luiz Guerreiro, Fernando Lopes, Lécio, Josivan, Leilson, Rafael, Diego, Gina, Gilvanilson, Ramon Costa, Eveline, Ana Célia, Anthony Rafael, Deodato, Junior Araújo, Júlio Cesar,

Em especial a todos os integrantes do Grupo MASSA no IFCE – Campus Iguatu e estudantes do IFCE que contribuíram efetivamente na realização da árdua etapa

de campo: Jacques, José Brasil, Gerbson, Rafael, Paulilo Palácio, Junior Araújo, Júlio Cesar, Helba Queiroz, Wellington Canuto, Camila, Monaliza.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de estudo e financiamento dessa pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu que através da sua estrutura e dos grandes professores podem oportunizar um ensino de qualidade e um grande apoio e suporte a pesquisa científica e a todos os professores que fazem parte desta instituição.

Ao Laboratório de Água, Solo e Tecidos Vegetais do IFCE- Campus Iguatu, em nome do seu coordenador Adriano Erique de Oliveira e dos técnicos, Junior Araújo e José Wellington Canuto Lima, e de todos os bolsistas e estagiários que viabilizam a realização das análises de água e solo empregados nessa investigação.

A todos aqueles que, de alguma maneira, incentivaram e colaboraram para a realização desta pesquisa.

Meu muito obrigado!

“Um homem é julgado não a partir de onde se posiciona nos momentos de conforto e conveniência, mas onde se posiciona nos momentos de desafio e controvérsia”.

(Martin Luther King Jr.)

## RESUMO

COSTA, Maria Elinalda Ribeiro, Universidade Federal do Ceará. Março de 2015. **Precipitação efetiva em microbacias no semiárido e suas relações com a cobertura vegetal.** Orientadora: Eunice Maia de Andrade. Examinadores: Helba Queiroz de Araújo Palácio e Luís César de Aquino Lemos Filho.

A região semiárida brasileira estende-se por uma vasta área do Nordeste brasileiro, abrangendo um elevado percentual da área do território cearense, cerca de 92%. A região caracteriza-se por uma elevada concentração em curto espaço de tempo das precipitações pluviométricas. Observando essas limitações, torna-se necessário o conhecimento e a adoção de modelos de exploração dos recursos naturais (solo e vegetação) onde se possa promover ao máximo a retenção da água pelo solo com redução da precipitação efetiva. Dessa forma, o presente trabalho traz como objetivo principal estudar a resposta hidrológica de microbacias do semiárido e suas relações com a precipitação pluviométrica e a cobertura vegetal. O estudo foi realizado em duas microbacias com vegetações distintas, uma caatinga em pousio (CP) e a outra caatinga raleada (CR), que estão situadas no município de Iguatu em área pública com o domínio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu (IFCE), localizada no estado do Ceará-Brasil. A microbacia com caatinga em pousio (2,06 ha) representa as condições naturais de pequenas bacias rurais do semiárido brasileiro. Já a microbacia com caatinga raleada representa o manejo de raleamento da vegetação, prática ainda pouco empregada por pequenos agricultores do semiárido brasileiro para produção de pastagem, sua área é de aproximadamente 1,15ha. Para melhor se entender as relações entre precipitação efetiva x chuvas x cobertura vegetal, as precipitações pluviométricas que geraram escoamento foram agrupadas em três classes:  $P \leq 30$  mm com 33 eventos para a bacia raleada e 36 para a bacia em pousio,  $30 \text{ mm} < P < 50$  mm, com 19 eventos para bacia raleada e 22 para a bacia em pousio e  $P \geq 50$  mm com 16 eventos para a bacia raleada e 18 para a bacia em pousio. Os dados foram coletados nos anos hidrológicos de 2009 a 2013. O aparecimento do extrato herbáceo em decorrência do raleamento da vegetação gerou uma redução da precipitação efetiva. Essa resposta hidrológica apresenta um manejo adequado para a produção de pastagem, o que promove a conservação dos recursos naturais. As precipitações efetivas em microbacias efêmeras apresentaram uma maior dependência de alturas pluviométricas superiores a 30 mm, enquanto que os maiores números de eventos que geraram precipitação efetiva apresentam altura pluviométrica  $\leq 30$  mm. A precipitação total foi o fator que melhor explicou à precipitação efetiva em ambas as coberturas vegetais para o período estudado. Esta inferência nas menores alturas pluviométricas definiu um limiar de início de escoamento de 7,9 mm para a caatinga em pousio e 14,4 mm para a caatinga raleada.

**Palavras-chave:** Precipitação efetiva. Cobertura vegetal. Altura pluviométrica.

## ABSTRACT

COSTA, Maria Elinalda Ribeiro, Federal University of Ceará. March 2015. **Effective precipitation in watersheds in a semi-arid region and its relation to plant cover.**

Supervisor: Eunice Maia de Andrade. Examiners: Helbah Queiroz de Araújo Palácio and Luís César de Aquino Lemos Filho.

The Brazilian semi-arid region extends over a wide area of northeastern Brazil, including a large percentage, around 92%, of the state of Ceará. The region is characterised by high rainfall concentrated over a short space of time. Recognising these limitations, it becomes necessary to be acquainted with, and to adopt, models for the use of natural resources (soil and vegetation) which promote to the maximum the retention of water by the soil, with reductions in effective precipitation. The main objective of the present work therefore, is to study the hydrological response of watersheds in a semi-arid region and the relation to rainfall and plant cover. The study was carried out in two watersheds with different vegetation, one of unaltered caatinga (UC) and the other of thinned caatinga (TC), which are located in the town of Iguatu, in a public area which is under the authority of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceará, Iguatu Campus (IFCE), located in the state of Ceará, Brazil. The watershed of UC (2.06 ha) is representative of the natural conditions in small rural watersheds of the Brazilian semi-arid region, whereas the watershed of TC, which represents a management of vegetation thinning, a practice little employed in the production of pasture on small farms in the region, has an area of approximately 1.15 ha. To better understand the relation between effective precipitation, rainfall and plant cover, rainfall that generated runoff was grouped into three classes:  $P \leq 30$  mm, with 33 events for the thinned watershed and 36 for the native watershed;  $30 \text{ mm} < P < 50$  mm, with 19 events for the thinned watershed and 22 for the native watershed; and  $P \geq 50$  mm, with 16 events for the thinned watershed and 18 for the native watershed. Data were collected during the water years 2009 to 2013. The appearance of an herbaceous layer due to thinning of the vegetation, caused a reduction in effective precipitation. This hydrological response demonstrates an appropriate management for the production of pasture, and one which promotes conservation of natural resources. Effective precipitation in ephemeral watersheds displayed a greater dependence on rainfall depths over 30 mm, while the largest number of events that generated effective precipitation had a rainfall depth of  $\leq 30$  mm. Total rainfall was the factor that best explained the effective precipitation under both types of plant cover for the period under study. This inference at lower rainfall depths defined a threshold for the start of runoff of 7.9 mm for the native caatinga, and 14.4 mm for the thinned caatinga.

**Keywords:** Effective precipitation. Plant cover. Rainfall depth.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Diagrama hidrológico de um evento chuvoso em uma porção de uma bacia Hidrográfica .....	17
Figura 2-	Mapas das microbacias experimentais no município de Iguatu, Ceará, Brasil.....	27
Figura 3-	Media mensal de precipitação pluviométrica no posto de Iguatu, Ceará, com as barras verticais representando a amplitude mensal para a serie histórica entre 1974 e 2008.....	29
Figura 4-	Serie histórica anual de precipitação pluviométrica no posto Iguatu no município de Iguatu, Ceará.....	29
Figura 5-	Microbacia experimental, com tratamento de raleamento, estação chuvosa (a) estação seca (b) .....	31
Figura 6-	Microbacia experimental, com cobertura composta de Caatinga em Pousio, estação chuvosa (a) e estação seca (b) .....	32
Figura 7-	Detalhe da cobertura morta.....	32
Figura 8-	Parte da microbacia raleada coberta por espécies forrageiras herbáceas ..	33
Figura 9-	Calha Parshal em fibra de vidro, nas microbacias experimentais Iguatu-CE.....	34
Figura 10-	Detalhe do Pluviógrafo de báscula e Pluviômetro do tipo Ville de Paris .....	35
Figura 11-	Sensor de nível (linigrafo) usado para medir a altura da água na calha ....	36
Figura 12-	Relação anual vegetação em pousio e raleada das microbacias .....	40
Figura 13-	Precipitações pluviométricas e efetivas .....	42
Figura 14-	Respostas hidrológicas das microbacias com vegetação em pousio e raleada dentro das classes estudadas.....	44
Figura 15-	Relação entre a precipitação pluviométrica e efetiva para as microbacias com vegetação em pousio e raleada .....	46
Figura 16-	Relação entre a P.total e Pe para caatinga em pousio (a) e a caatinga raleada (b) .....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Características morfométricas das microbacias experimentais caatinga Em pousio e caatinga raleada .....	28
Tabela 2-	Classe textura das duas microbacias estudadas .....	30
Tabela 3-	Síntese hidrológica das microbacias experimentais para o período de estudo (2009-2013).....	39
Tabela 4-	Distribuição dos eventos de chuva para as classes estudadas.....	41
Tabela 5-	Caracterização dos eventos pluviométricos de precipitação efetiva (Pe).....	47
Tabela 6-	Correlação de Person entre precipitação efetiva (Pe), precipitação total (P. total) e intensidade da chuva (I30 .....	48



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>HIPÓTESE E OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Hipótese</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Geral</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Ciclo Hidrológico</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Regime hidrológico do semiárido</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Precipitação Pluviométrica</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Precipitação Efetiva</b> .....	<b>19</b>
<b>3.5</b>	<b>Cobertura Vegetal</b> .....	<b>23</b>
<b>3.6</b>	<b>Vegetação do semiárido</b> .....	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Características fisiográficas</b> .....	<b>28</b>
<b>4.3</b>	<b>Clima</b> .....	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Solo</b> .....	<b>30</b>
<b>4.5</b>	<b>Cobertura vegetal-manejo</b> .....	<b>30</b>
<b>4.6</b>	<b>Monitoramento hidrológico das microbacias</b> .....	<b>33</b>
<b>4.7</b>	<b>Precipitação Pluviométrica</b> .....	<b>34</b>
<b>4.8</b>	<b>Precipitação Efetiva</b> .....	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Precipitação Efetiva</b> .....	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>A influencia dos eventos de chuva (P) e da altura pluviométrica na ocorrência da precipitação efetiva (Pe)</b> .....	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas abrange aproximadamente um terço da superfície da terra e sobre elas vive cerca de 20% da população mundial. Estas regiões são zonas de grande fragilidade com regime de precipitação pluviométrica com altas variações espacial e temporal (ANDRADE *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011).

O Nordeste brasileiro, onde o clima semiárido domina, é um ambiente de diferenças, onde se verifica lado a lado a exploração intensiva dos recursos naturais por centros comerciais de agricultura e por pequenos produtores como forma de garantir a subsistência. A exploração de forma insustentável dos recursos limitados como solo e água, resulta em sua escassez, com sérios reflexos negativos para esta região (RODRIGUES, 2009; ANDRADE *et a.*, 2010).

Entre as características determinantes das regiões semiáridas destacam-se os solos rasos, a alta demanda evaporativa, a retirada da cobertura vegetal, a concentração do período chuvoso em apenas dois ou três meses e, principalmente, a variabilidade das precipitações pluviométricas, (ANDRADE *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2008).

Os solos do Ceará são na grande maioria, originários de rochas cristalinas, apresentando-se inadequados para explorações intensivas, pois são pobres em matéria orgânica, rasos, com substrato impermeável e pedregoso. Com isso, se torna limitado o armazenamento de água no solo e o regime de chuvas rápidas e intensas reduzem o tempo de oportunidade para que a água se infiltre e armazene no subsolo.

A exploração antrópica sobre os recursos naturais no semiárido vem aumentando cada vez mais, e com isso a degradação do solo vem se intensificando, (CANTÓN *et al.*, 2001), assim como também tem ocorrido com mais frequência a degradação dos recursos hídricos, retirada da vegetação nativa e perda da biodiversidade, que somados podem resultar em alterações significativas dos processos hidrológicos, notadamente no processo chuva-deflúvio. O processo chuva-deflúvio depende de fatores como: intensidade da precipitação pluviométrica, geologia, permeabilidade do terreno, condição de umidade antecedente do solo, duração e frequência da precipitação, tipo de cobertura vegetal, área da bacia de drenagem, distribuição espacial e temporal da precipitação pluviométrica, geometria dos rios e riachos e declive dos terrenos. (CASTILLO *et al.*, 1999; COSTA, 2007; CANTÓN *et al.*, 2001; TORRES *et al.*, 2011; FIGUEIREDO, 2011; RAN *et al.*, 2012 e RODRIGUES *et al.*, 2013).

A cobertura vegetal é um dos fatores mais importantes e de maior influência na resposta hidrológica de uma bacia. (GARCIA-RUIZ *et al.*, 2008; MUÑOZ-ROBLES *et al.*; 2011). A eliminação da cobertura vegetal torna a superfície do solo mais exposta a ação direta das gotas das chuvas sobre o solo, bem como, ao livre movimento da água na superfície, diminuindo o tempo de oportunidade de infiltração e conseqüentemente produzindo uma maior geração de escoamento superficial.

O desmatamento das florestas do semiárido vem se tornando cada vez mais comum, para uso da garantia da área para a produção agrícola e pecuária. Com isso, a adoção de técnicas de manejo da vegetação que busque uma exploração sustentável, seja para produção de alimento, pastagem ou madeireira, se torna de fundamental importância visto que ainda são pouco estudadas no semiárido brasileiro. (PALÁCIO, 2011).

Mesmo com algumas pesquisas já realizadas no semiárido sobre alterações de microbacias, novos estudos devem ser implantados no sentido de gerar informações em escala de microbacias rurais de escoamento efêmero, principalmente investigando a influência da ação antrópica na alteração dos processos naturais (precipitação efetiva, infiltração e vegetação). Os desafios desses estudos têm sido principalmente devido à dificuldade de um monitoramento contínuo, de forma a gerar informações qualitativas e quantitativas consistentes do processo chuva-deflúvio e dos diversos fatores que exercem influência sobre o mesmo.

## **2 HIPÓTESE E OBJETIVOS**

### **2.1 Hipótese**

A cobertura vegetal interfere na precipitação efetiva de duas microbacias efêmeras, uma com caatinga em pousio (CP) e a outra caatinga raleada (CR), independentemente da altura pluviométrica.

### **2.2 Objetivos**

#### **2.2.1 Geral**

O objetivo principal dessa pesquisa foi estudar a pluviometria e suas relações com a precipitação efetiva, assim como também a influência com a cobertura vegetal de duas vegetações distintas localizadas no semiárido brasileiro, uma com caatinga em pousio (CP) e a outra caatinga raleada (CR).

#### **2.2.2 Específicos**

Analisar a precipitação efetiva em três classes de precipitação pluviométrica, sendo  $P \leq 30$  mm,  $30 \text{ mm} < P < 50$  mm e  $P \geq 50$  mm, mostrando assim as relações entre a lâmina precipitada e a precipitação efetiva;

Analisar os parâmetros hidrológicos da precipitação pluviométrica ocorridas no intervalo de cinco anos e suas diferenças da precipitação efetiva;

Produzir informações do processo de chuva-deflúvio para microbacias de escoamento efêmero, servindo de base para estudos posteriores.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Ciclo Hidrológico

A água é um dos elementos físico da natureza de extrema importância, para a sobrevivência de todos os seres que a compõe, e devido a seu grau de importância é que surgiu a Hidrologia para estudar todos os seus fenômenos. O movimento da água na interface solo-atmosfera em escala global é considerado como um sistema fechado, visto que a quantidade da água é a mesma. O qual é composto por diferentes processos de fluxo da água, sendo que todos eles possuem uma função específica e primária no ciclo da vida. Entre estes processos, considerando a relação chuva-deflúvio, os mais estudados são: precipitação pluviométrica, infiltração, escoamento superficial, retenção superficial e deflúvio dos rios (HAAN *et al.*, 1993).

Anualmente o ciclo hidrológico, com períodos secos, e com chuvas, afeta a infraestrutura, geração de energia, navegação fluvial, recreação, sistemas urbanos de água, produção agrícola, as condições de pastagem, produção animal e saúde, integridade ecológica, economias regionais e nacionais (MEHTA *et al.*, 2013). A escassez de água potável e para irrigação, a consequente redução na produção de alimentos, e outras tensões devido à seca contribui para a luta social e política, guerras civis e conflitos internacionais (GLEICK, 1993). Neste cenário, o desmatamento é o principal elemento que provoca perturbações no ciclo hidrológico, com fortes diminuições locais na precipitação (ARAGÃO *et al.*, 2012).

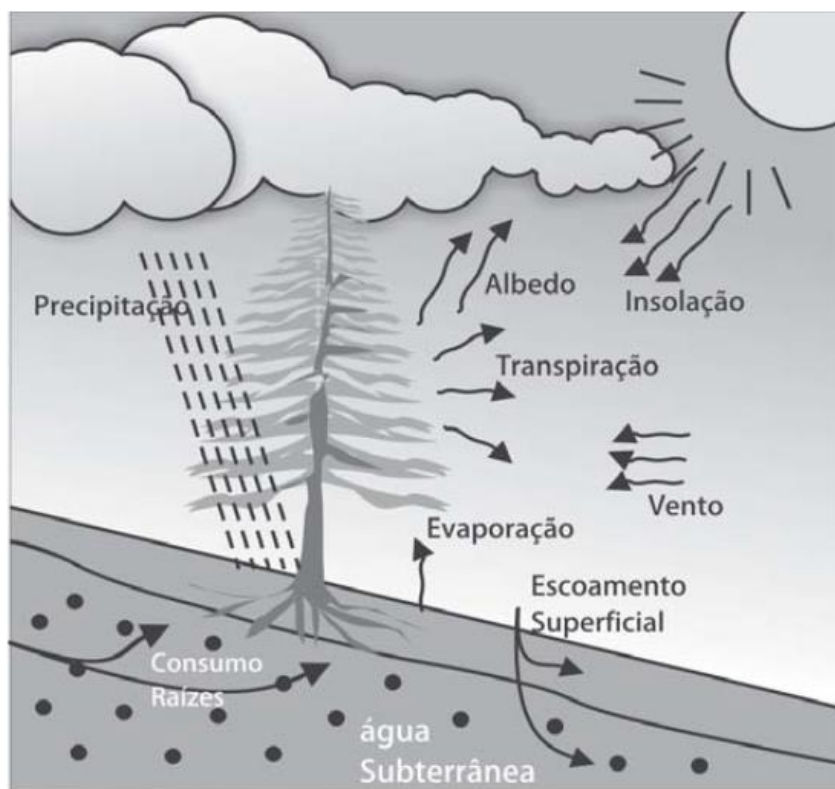
A interceptação da precipitação pluviométrica pela cobertura vegetal é uma das principais componentes do ciclo hidrológico, justificando a necessidade de avaliar as perdas por interceptação em regiões semiáridas, uma vez que experiências realizadas nesses ambientes indicam perdas que são de grande importância hidrológica (CARLYLE-MOSES, 2004). Sendo que a interceptação varia de acordo com o aspecto morfológico da floresta e o regime de precipitação dominante na região.

Recentemente, Izidio *et al.* (2013) estudaram a interceptação da chuva pela vegetação da caatinga em microbacias na região semiárida, através do monitoramento de 39 eventos chuvosos na microbacia experimental de Iguatu, indicando que, a precipitação interna, o escoamento pelos troncos e as perdas por interceptação correspondem a 76,5%, 5,9% e 17,9% da precipitação, respectivamente; As correlações sugerem que o mecanismo da precipitação interna, por não sofrer influência das características da vegetação apresenta maior correlação com a precipitação total na microbacia; As correlações entre as perdas por

interceptação e a precipitação total no período seco e no período chuvoso são diferentes, evidenciando um comportamento diferente em função da época do ano; Consta-se que não é somente a altura pluviométrica que influencia nas perdas por interceptação, outros fatores influenciaram nas perdas por interceptação, sendo que, à medida que a altura pluviométrica aumenta, as perdas por interceptação não diminuem.

De fato o ciclo hidrológico é uma relação complexa entre processos interdependentes como podemos observar na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama hidrológico de um evento chuvoso em uma porção de uma bacia hidrográfica



Fonte: Tucci & Mendes 2006.

### 3.2 Regime hidrológico do semiárido

O nordeste brasileiro é um ambiente semiárido que se caracteriza por ser uma região frágil com alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, elevados índices de evaporação, histórico de anos consecutivos secos e grandes enchentes (COSTA, 2007).

No que diz respeito à região semiárida do Brasil, Menezes *et al.* (2010) descrevem a marcante variabilidade anual e interanual da precipitação, além da sua variabilidade espacial. Embora apresente baixos totais pluviométricos em relação às demais regiões do país, o semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos do planeta. A evapotranspiração potencial média pode chegar a 2.500 mm ano, gerando elevados déficits hídricos. (MONTENGRO; MONTENEGRO, 2012).

No Estado do Ceará as máximas registradas estão entre os meses de março e abril, indicando uma distribuição unimodal. Nos meses da estação seca Julho e Dezembro, o registro de precipitações é explicado por eventos isolados que podem ocorrer durante a estação (ANDRADE *et al.*, 2010).

A questão da disponibilidade hídrica não é uma questão de volume, mais sim de fluxo de água, como afirma Chapra (1997). Portanto para falar em disponibilidade hídrica o correto é em termos de vazão, pois a água move-se constantemente de um estado para outro. Para avaliar a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica se faz necessário, primeiro, identificar seus principais reservatórios para, em seguida avaliar a sua capacidade de suporte. Diante desta questão, para que haja sustentabilidade, a disponibilidade hídrica deve corresponder à capacidade de suporte da bacia (ARAÚJO *et al.*, 2012).

### 3.3 Precipitação Pluviométrica

A região Nordeste do Brasil, em que o clima semiárido predomina, é um ambiente de diferenças, onde se verifica lado a lado a exploração intensiva dos recursos naturais por centros comerciais de agricultura e por pequenos produtores como forma de garantir a subsistência. A exploração de forma insustentável dos recursos limitados como solo e água, resulta em sua escassez, com sérios reflexos negativos para esta região (RODRIGUES, 2009; ANDRADE *et al.*, 2010).

O conhecimento da distribuição das precipitações e da evapotranspiração fornece subsídios para determinar períodos críticos predominantes numa determinada região e, condições de fornecer informações que visem reduzir as consequências causadas pelas

flutuações do regime pluviométrico, sejam pelo emprego da irrigação ou pela implantação de culturas adaptadas à sazonalidade deste regime (JUNQUEIRA JUNIOR *et al.*, 2007).

As irregularidades de precipitação pluviométrica de fevereiro acompanham o sinal das irregularidades observadas em janeiro. Nota-se também, que há uma tendência para abril ser chuvoso e março apresentar chuva em torno da media climatológica quando janeiro foi chuvoso ou seco (DAMIÃO *et al.*, 2005).

A chuva é a variável meteorológica que influencia diretamente no equilíbrio da água, e pode determinar o excesso ou a escassez de água no solo de uma determinada região (LIBERATO; BRITO, 2010). Além de ser essencial para as atividades vitais, é um dos agentes de controle mais importantes do ciclo hidrológico e as condições ecológicas e geográficas de paisagens (ROSA *et al.*, 2007), especialmente no que diz respeito à vegetação nativa.

O total de variações de precipitação mensal e anual reflete o comportamento da circulação atmosférica regional, ao longo do ano e eles estão inter-relacionados a fatores geográficos (locais ou regionais). Tais variações são reflexos intrínsecos da própria dinâmica da atmosfera, em face de que muitas intervenções humanas podem causar graves alterações ambientais (BUCKERIDGE, 2007).

O estado do Ceará é uma região semiárida do nordeste do Brasil, com uma variabilidade pluviométrica espacial e temporal alta, o que coloca desafios para a gestão dos recursos hídricos. Em geral, uma tendência de diminuição da precipitação mensal foi observada ao longo de quase todo o estado do Ceará, que pode afetar o armazenamento de água e agricultura de sequeiro. Extremos de precipitação tende a aumentar no início da estação chuvosa, tornando bacias hidrográficas mais propensas às inundações e aos fenômenos de erosão. (GUERREIRO *et al.*, 2013)

### **3.4 Precipitação Efetiva**

Tendo em vista que a maioria dos estudos hidrológicos está ligada ao aproveitamento da água superficial e a proteção contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento, pode-se afirmar que entre as principais fases básicas do ciclo hidrológico, a do escoamento superficial seja a mais estudada, por tratar da ocorrência e transporte de água na superfície terrestre. Villela e Mattos (1975)



Os mecanismos principais, relacionados ao escoamento, que podem acontecer em uma bacia hidrográfica são: escoamento superficial hortoniano, escoamento superficial por saturação subsuperficial, precipitação direta no canal, escoamento subsuperficial e o escoamento de água subterrânea (ou fluxo de base) (CHOW *et al.*, 1988). A importância relativa de cada processo em uma dada área está principalmente condicionada ao clima (características da precipitação), à geologia, à topografia, às características do solo, à vegetação e ao uso da terra (DUNNE; LEOPOLD, 1978).

Características físicas do solo, como textura, declividade e profundidade efetiva, influem muito na capacidade de infiltração e, conseqüentemente, no escoamento da água da chuva (BELTRAME, 2009). De acordo com Horton, quando a intensidade da chuva ( $i$ ) é menor que a capacidade de infiltração do solo ( $f$ ) toda a água é absorvida pelo solo e não há escoamento superficial, caso contrário o escoamento superficial (hortoniano) ocorre a uma taxa de  $(i - f)$ .

Já na região Sul, o aumento da intensidade da chuva provoca uma redução no tempo de início de precipitação efetiva e conseqüentemente, um aumento nas perdas de água por escoamento superficial, independentemente das condições da superfície do solo. Para as condições do Rio Grande do Sul, a textura do solo, independentemente das demais variáveis (declividade do terreno, massa seca na superfície e cobertura do solo, densidade (do solo e de partícula), porosidade do solo (macro, micro e total), umidade inicial e de saturação do solo.), não explica as perdas de água por escoamento superficial. (CARLESSO *et al.*, 2007)

A contribuição da precipitação efetiva cresce com o tempo até atingir um valor sensivelmente constante à medida que a precipitação prossegue. Cessada esta, ele vai diminuindo até anular-se. Segundo REICHARDT (1987), quando a água de precipitação não se infiltra totalmente no solo, o excesso escoar pela superfície, indo depositar-se em depressões, ou, quando se trata de declividade acentuada, saindo da área de interesse. Portanto, a água que não se infiltra escorre e forma a enxurrada, processo denominado de escoamento superficial ou run-off.

Eventos de alta magnitude com precipitação superior a 80 mm independentemente do número de dias consecutivos secos são capazes de gerar precipitação efetiva em 81% dos casos estudados na microbacia localizada no semiárido paraibano. Eventos de precipitação pluviométrica menores que 40 mm e com menos de 6 dias consecutivos secos, foram enquadrados na classe dos eventos incertos quanto a geração de precipitação efetiva, podendo ou não gerar escoamento. Nesta classe de eventos foi mais forte a influência da intensidade de chuva e da umidade antecedente do solo que é dependente da ocorrência dos veranicos.

Quanto maior o número de dias consecutivos secos que antecedente a ocorrência de um evento com escoamento, maior a tendência de redução do coeficiente de escoamento. (SANTOS *et al.*, 2014)

Estudos demonstraram que a influência antrópica no manejo da vegetação influencia nas perdas de água e na produção de sedimentos. As menores produções de sedimentos e lâminas escoadas na microbacia raleada sugere um excelente manejo para produção de pastagem e conservação dos recursos naturais. (RIBEIRO FILHO *et al.*, 2014);

Rodrigues *et al.* (2013) estudando as respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida chegou as seguintes conclusões, foi observado alterações na precipitação efetiva como consequência da retirada da vegetação por raleamento, no entanto, as modificações no padrão de escoamento médio foram maiores nos eventos iniciais pós-raleamento enquanto nos demais eventos a lamina escoada média foi superior na microbacia preservada. Outro fator observado foi o manejo aplicado favoreceu o crescimento da vegetação herbácea influenciando na retenção de água e aumentando a oportunidade de infiltração promovendo, assim, redução no escoamento superficial na microbacia raleada.

Quando a intensidade da chuva tem valor menor que a capacidade de infiltração do solo, e toda a água infiltra no solo não acontece escoamento superficial. Caso aconteça o oposto, o escoamento superficial (Hortoniano) acontece em uma taxa equivalente à diferença entre a intensidade de precipitação e a taxa de infiltração (COSTA, 2007).

Andrade *et al.*, (2013) mostrou que as precipitações efetivas em microbacias efêmeras apresentam uma maior dependência de alturas pluviométricas superiores a 30 mm, as quais são responsáveis, em média, por mais de 60% da lamina total escoada, enquanto que o maior número de eventos que gera escoamento superficial apresenta altura pluviométrica  $\leq 30$  mm. A cobertura vegetal rasteira (estrato herbáceo) é determinante na redução de escoamento superficial para alturas pluviométricas menores que 50 mm. Para chuvas com altura pluviométrica maior que 50 mm, o processo chuva deflúvio já passa a ser determinado por outros fatores.

De acordo com Araújo Neto *et al.* (2013) estes autores concluíram que em microbacias localizadas no semiárido no início da estação chuvosa a precipitação efetiva é determinada pelas propriedades do solo e ventos. Precipitações pluviométricas entre 60 e 70 mm podem não gerar escoamento; quando é realizado o manejo do raleamento da vegetação gera um menor número de eventos com escoamento, uma redução na lamina escoada, menores picos de vazões e aumento da umidade do solo que promove a conservação dos recursos naturais.

A umidade antecedente, a intensidade e a duração da chuva, juntas ganham destaque entre os processos de natureza dinâmica. Haverá uma maior facilidade de escoamento, quando a ocorrência de precipitação pluviométrica acontecer no período em que o solo já está úmido por consequência de uma chuva anterior. Estudos realizados por MUGABE; SENZANJE (2007) compararam as respostas hidrológicas de duas microbacias em clima semiárido no Sul da África. Os autores comentam que, mesmo com climas bastante parecidos, as microbacias apresentaram respostas hidrológicas bastante diferentes dependendo das características da precipitação pluviométrica. Neste estudo as respostas hidrológicas foram significativamente afetadas pelas condições de umidade antecedente.

Há pouco tempo, Ran *et al.* (2012) estudaram o impacto de características da chuva na geração do escoamento através de realizações de experimentos. As características estudadas por esses autores foram: diferentes intensidades, duração de chuva, direções e posições da chuva e a ocorrência ou não de interações de precipitações. Os resultados indicaram diferenças consideráveis nas formas dos hidrogramas, no teor de água do solo, bem como, a profundidade de infiltração e o total escoado. Os autores também observaram que as chuvas antecedentes, ou seja, os intervalos entre as precipitações é um fator importante nas ocorrências de fenda do solo e consequentemente na geração do escoamento.

Torres *et al.* (2011) avaliaram no sudeste do EUA a relação sazonal do escoamento com a precipitação, observaram que a relação entre o escoamento e o total precipitado é menor durante a estação seca (verão e outono) e maior durante o período chuvoso (inverno e primavera). Analisaram ainda, grande versatilidade sazonal no coeficiente de umidade do solo.

No semiárido brasileiro, Figueiredo (2011) estudou as condições de início da precipitação efetiva em uma bacia experimental, mostrando que as respostas hidrológicas em bacias hidrográficas são realmente complexas. Ele verificou com base apenas na pluviosidade total, que não é possível avaliar se ocorrerá ou não escoamento.

De acordo com os autores Palácio *et al.* (2012), a lâmina escoada apresenta uma maior dependência da concentração dos eventos pluviométricos do que da lâmina precipitada, expressando o efeito da umidade antecedente sobre a resposta hidrológica da bacia hidrográfica.

Os seguintes autores Araújo Neto *et al.* (2013) estudando microbacias com vegetações distintas, uma nativa e a outra raleada, localizadas em Iguatu-Ce, chegaram as seguintes conclusões, o efeito escala influencia nas respostas hidrológicas, refletindo nos valores e umidade do solo e lamina precipitada para geração de escoamento nas escalas

estudadas, percebendo, portanto, um deslocamento no limiar dos valores de precipitação para geração de escoamento entre as escalas microbacia e parcela de 20m<sup>2</sup>. Outro fato importante encontrado foi para escala microbacia precipitações pluviométricas superior a 29 mm, independente da umidade do solo, sempre gera escoamento superficial, sendo o limiar para geração de escoamento na parcela de 20 m<sup>2</sup> lamina precipitada maior que 16,5mm e tanto para a microbacia como para parcela de 20 m<sup>2</sup> precipitação pluviométrica inferior a 7,5 mm, independente da umidade do solo, não gera escoamento.

### 3.5 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal tem grande influência nas repostas hidrológicas, pois quando a cobertura vegetal da bacia hidrográfica muda, o primeiro passo, a ser alterado é o escoamento superficial, e como consequência a produção de sedimentos e nutrientes (RODRIGUES, 2009).

Lima *et al.* (2013) estudaram as características das chuvas sob condições naturais do uso da terra em regiões semiáridas, e como resposta encontraram menores respostas de perdas de solo no período estudado na caatinga nativa, em comparação a uma vegetação raleada demonstrando o efeito protetor da vegetação no impacto das chuvas.

Já os autores Bartley *et al.* (2006) estudaram em escala de microbacias o escoamento superficial em regiões semiáridas na Austrália, estes autores analisaram uma grande variedade espacial e temporal do coeficiente de escoamento superficial e constataram também que, em áreas com cobertura vegetal e declividade semelhantes, dependendo do arranjo da cobertura vegetal, as áreas podem apresentar respostas diferentes. Foram encontrados coeficiente de escoamento anual entre 8 e 14%, em microbacias com condições similares de vegetação, já em outra, considerada degradada, o valor do coeficiente de escoamento variou entre 45 e 71%.

Balbinot *et al.* (2008) verificaram que a presença ou não da vegetação em um estudo sobre o papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas, tem grande importância sobre a quantidade de água produzida em uma bacia hidrográfica. Os autores relataram que para estudar os efeitos da vegetação deve-se estudar sua influência nos vários comportamentos do processo, como exemplo listaram interceptação, precipitação interna, escoamento pelo tronco e fluxos de água no solo.

As microbacias hidrológicas com coberturas vegetais de caatinga inalterada e caatinga raleada apresentaram respostas hidrológicas distintas (RODRIGUES, 2009; RAN *et al.*, 2012), Estudos conduzidos nas bacias experimentais de Iguatu, mostraram que a microbacia com vegetação raleada apresentou menor precipitação efetiva em todo o período investigado para as três classes de precipitações pluviométricas. Esse fato pode se explica pela maior penetração de luz solar devido ao raleamento das espécies arbóreas com consequente aumento da cobertura rasteira pela vegetação herbácea. (ANDRADE *et al.*, 2013)

### 3.6 Vegetação do Semiárido

Preservar a cobertura vegetal é condição fundamental para a conservação dos recursos hídricos uma vez que a vegetação tem importante função na proteção e na manutenção de nascentes e cursos d'água. Sua retirada descaracteriza os ambientes originais dos rios e interfere no balanço hídrico das bacias hidrográficas. A cobertura vegetal, notadamente das matas ciliares, ao longo dos ambientes ribeirinhos intermitentes, na região semiárida, tem significativa importância na proteção dos ambientes aquáticos e na regulação e manutenção da diversidade biológica, bem como, é fator importante na estabilidade dos solos e na manutenção dos sistemas hidrológicos (LACERDA *et al.*, 2007).

A "Região Semiárida", área em que predomina o bioma Caatinga, vem sendo exposta a um processo de degradação intensa pelo avanço da pecuária, iniciada no século XVII (NOGUEIRA; SIMÕES, 2009; ALVES *et al.*, 2008) situação agravada ao longo dos anos pelo uso incorreto das suas terras, por meio da exploração predatória, desmatamentos e queimadas (BRASILEIRO, 2009; PESSOA *et al.*, 2008) ameaçando a sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais, tanto quanto a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos.

Áreas semiáridas são caracterizadas por uma estação seca longa, durante a qual as plantas anuais morrem e plantas herbáceas perenes, muitas vezes sofrem de seca, deixando os tecidos acima do solo secar enquanto as partes abaixo da terra sobrevivem. No Sahel, por exemplo, a seca extrema de 1984 resultou em muito baixa produção vegetal e extremamente baixa forragem na estação seca, o que teve um impacto grave sobre a sobrevivência do gado e, portanto, sobre a população pastoral. A avaliação frequente e precisa de tecidos secos também é muito útil para estudos de erosão do solo, ciclos biogeoquímicos e emissões de fogo orçamento energia de superfície (BARBOSA *et al.*, 1999, SAMAIN *et al.*, 2008;

SHINODA *et al.*, 2011), na África Ocidental , mas mais geralmente em áreas mais áridas e semiáridas em todo o mundo ( DREGNE, 2011).

Mudanças temporais e espaciais nas características das plantas, tais como cobertura da vegetação, o índice de área foliar, ou biomassa, tem sido uma preocupação central da pastagem ecologia (ZHANG; GUO, 2008).

A necessidade de informação sobre padrões de mudança de características das plantas nas pradarias de pastagem aumentou como mudanças ambientais atuais. Pastagens semiáridas, com estações de crescimento de curto período e cobertura vegetal limitada são particularmente sensíveis às alterações ambientais (HE *et al.*, 2009 e SAUCHYN de 2010 ).

Uma pequena mudança no clima durante a estação de crescimento tem o potencial de mudar a produção de vegetação, modificar a composição do ecossistema, e alterar as características de cobertura vegetal nesse tipo de vegetação do ecossistema (STOW *et al.*, 2004).

As pradarias mistas semiárido no Canadá devem estar entre os mais sensíveis às mudanças climáticas, especialmente a mudanças na precipitação, porque a quantidade e tempo de precipitação são os principais fatores que determinam a vitalidade destes ecossistemas ( LI; GUP, 2012 e MCGINN, 2010 ).

O bioma caracteriza-se pelas vegetações xerófila, constituída de espécies lenhosas e herbáceas, que são geralmente dotadas de espinho e caducifólias. Sua principal característica é perder suas folhas no início da estação seca. Compõem também a vegetação cactácea e bromeliácea. Fitossociologicamente, a densidade, frequência e dominância das espécies são determinadas pelas variações topográficas, tipo de solo e pluviosidade. Não existe uma lista completa para as espécies da Caatinga, encontradas nas suas mais diferentes situações edafoclimáticos (Agreste, Sertão, Cariri, Seridó, Carrasco, entre outros). Em trabalhos qualitativos e quantitativos sobre a flora e vegetação da caatinga, foram registradas 596 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 180 endêmicas. Certamente, o número de espécies da Caatinga tende a aumentar se considerarmos as herbáceas. As famílias mais frequentes são Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Cactaceae, sendo os gêneros (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), as juremas (*Mimosa* spp.) e os marmeleiros (*Croton* spp.) são as plantas mais abundantes na maioria dos trabalhos de levantamento realizados em área de caatinga (DRUMOND *et al.*, 2013).

No início das chuvas, o estrato herbáceo nos sítios ecológicos de maior potencial é composto por gramíneas que completam seu ciclo fenológico nos primeiros 40 dias. O extrato herbáceo é efêmero e somente aparece, ainda que não tenha alcançado toda sua

potencialidade, na época das chuvas. Segue-se, então, uma substituição da dominância que passa a ser exercida, dependendo do sítio e das características da estação, por dicotiledôneas herbáceas anuais (SILVA *et al.*, 2000).

Os solos da caatinga, geralmente, são pouco profundos, de baixo teor de matéria orgânica, mas relativamente ricos em bases trocáveis. Recebe anualmente excesso de calor e luz, o que resulta em uma rápida mineralização da matéria orgânica. A fertilidade baseia-se na sua alcalinidade e riqueza em bases. Portanto, os métodos empíricos de exploração destes solos deveriam estar fundamentados no menos distúrbio possível do meio biológico e reforçando-se o aporte de matéria orgânica, pela manutenção de uma cobertura viva, formada por plantas fixadoras de nitrogênio e uma cobertura morta oriunda de restos culturais, esterco e fontes diversas de adubação verde (DUQUE, 1980a; 1980b).

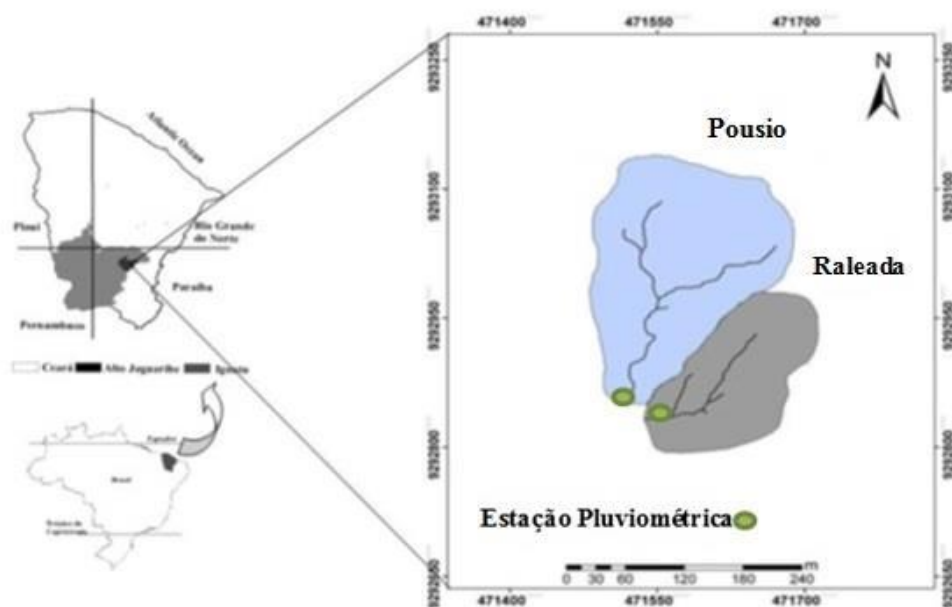
O efeito da vegetação na redução das perdas de água e solo em microbacias tem como resultado um ótimo efeito protetor quando as perdas de água e solo. A vegetação herbácea (capim - *Andropogon gayanus* Kunt) apresentou um ótimo resultado. O capim promove uma perda de água e solo anual de 20 e 85% menor, respectivamente, em relação ao solo nu. (SANTOS *et al.*, 2013)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterizações da área de estudo

A área de estudo é composta por duas microbacias experimentais, uma com cobertura vegetal caatinga em pousio (CP) e a outra com o tratamento de raleamento (CR) (Figura 2). Estão localizadas no município de Iguatu-Ce, e fazem parte da grande bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, mais precisamente na sub-bacia do Alto Jaguaribe. As microbacias estão situadas em área da união sob a responsabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Iguatu (IFCE). Os experimentos são conduzidos em uma parceria entre a Universidade Federal do Ceará e o IFCE – Campus de Iguatu. Os estudos na área tiveram início em 2007 onde as microbacias foram devidamente delimitadas e caracterizadas por Alves (2008) e Rodrigues (2009).

Figura 2 - Mapa das microbacias experimentais no município de Iguatu, Ceará, Brasil





## 4.2 Características Fisiográficas

As microbacias são formadas por cursos d'água classificados segundo a classificação de Sthalher, como de 1ª e 2ª ordem, sendo desta forma áreas de nascentes. Apresentam escoamento efêmero, isto é, o fluxo de água sobre o canal principal se faz presente durante e depois do evento pluviométrico, em um período médio de tempo não superior a 24 horas após o encerramento da chuva. Na Tabela 1 estão explicitadas as características morfométricas das microbacias experimentais.

Tabela 1 – Características morfométricas das microbacias experimentais caatinga em pousio (CP) e caatinga raleada (CR)

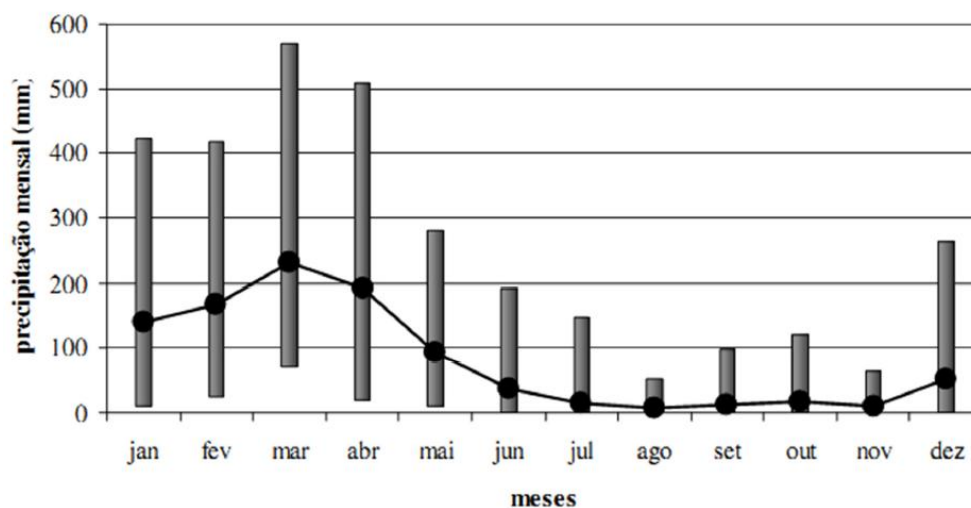
Características	Valores		Unidades
	Microbacias		
	Raleada	Pousio	
Área da bacia (Ab)	1,15	2,06	ha
Perímetro (P)	478,4	594,5	m
Comprimento do talveque (Lt)	120,5	183,9	m
Comprimento do curso princ. (Lcp)	147,2	252,1	m
Comprimento da bacia (Lb)	188,2	204,4	m
Declividade da bacia (Db)	8,7	10,6	%
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,25	1,16	-
Tempo de concentração (Tc)	0,05	0,06	h
Extensão média do escoamento superficial	19,5	20,5	m
Sinuosidade do curso principal (Sin)	1,20	2,06	-

## 4.3 Clima

O clima da região é do tipo BSw'h' (Semiárido muito quente), de acordo com a classificação climática de Koppen, com temperatura média sempre superior a 18 °C no mês mais frio e com chuvas de outono. A precipitação pluviométrica média histórica no município de Iguatu, entre os anos de 1974/2008, demonstrou valor médio de  $970 \pm 316$  mm (RODRIGUES, 2009).

A precipitação pluviométrica na região concentra-se principalmente nos meses de janeiro a maio, sendo os maiores valores constatados no mês de março Figura 3. A distribuição mensal é marcada por uma alta variabilidade, podendo em um único mês concentrar um acúmulo superior ao total anual de um ano seco.

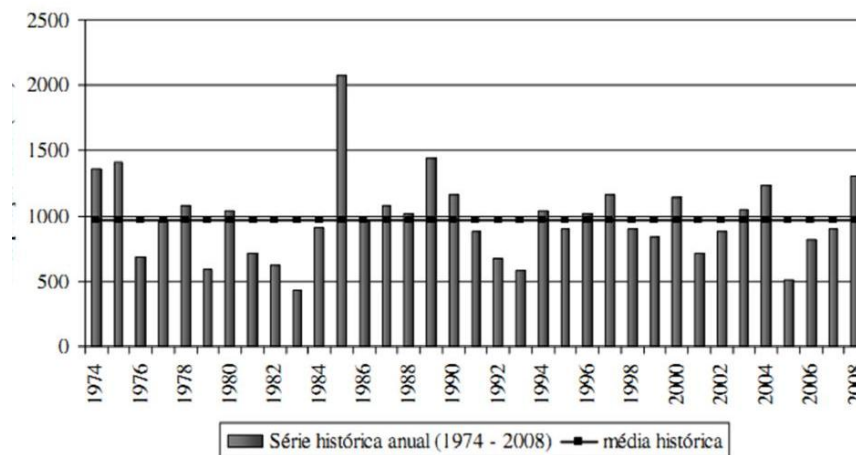
Figura 3 – Media mensal de precipitação pluviométrica no posto de Iguatu, Ceará, com as barras verticais representando a amplitude mensal para a serie histórica entre 1974 e 2008



Fonte: Rodrigues 2008.

A região de Iguatu mostrou, de acordo com a série histórica (1974 e 2008), uma alta variabilidade temporal entre o total precipitado anual (Figura 4), apresentando 17 anos abaixo da média histórica.

Figura 4 – Serie histórica anual de precipitação pluviométrica no posto Iguatu no município de Iguatu, Ceará



Fonte: Rodrigues 2008.

#### 4.4 Solo

A geologia da região, segundo levantamentos da Superintendência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (SUDEC, 1980) caracteriza-se por ser sedimentar formada por sedimentos meso microclástico, que sofreram um processo de afundamento, proporcionando a formação de solos com relevo plano a suave ondulado.

Para a classificação dos solos, foi aberta uma trincheira entre as microbacias com Caatinga em pousio (CP) e raleada (CR), por serem áreas pequenas e adjacentes. Os solos das duas áreas foram classificados como Vertissolos Ebânico Carbonático Típico. O tipo de argila predominante é do tipo 2:1, grupo montimorilonita. Já para a caracterização físico-química do solo foram coletadas amostras deformadas em vários horizontes de cada trincheira e levadas para os Laboratórios de Física e Química do Departamento de Solos da Universidade Federal do Ceará. Os parâmetros físico-químicos dos solos das microbacias podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Classe textural das duas microbacias estudadas

<b>Horizonte</b>	A	B	BCv
<b>Profundidade (cm)</b>	0 - 5	0 - 21	21 - 31
<b>Parâmetros físicos</b>			
Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			
<b>Areia</b>	137	205	182
<b>Silte</b>	447	405	470
<b>Argila</b>	416	390	348
<b>Classe textural</b>	Argilo siltoso	Franco argilo siltoso	Franco argilo siltoso

Fonte: (Alterado de Araújo Ribeiro 2013).

#### 4.5 Cobertura Vegetal-Manejo

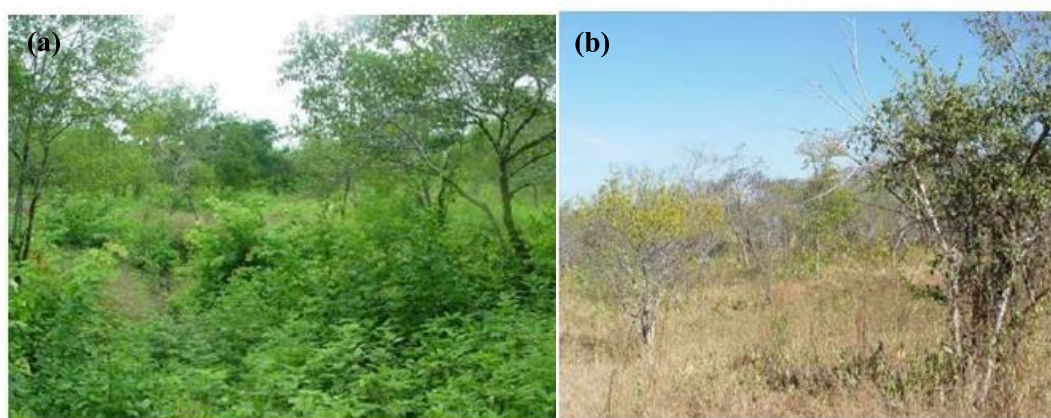
A composição da vegetação é tipicamente Caatinga, com caráter variável, desde espécies de porte herbáceo a arbóreo-arbustivo, tipicamente caducifólio de caráter xerófilo com grande variedade de espécies espinhosas. Devido à ação do homem na remoção da vegetação como prática extrativista é comum encontrar zonas com vegetação de menor porte. Segundo Alves (2008) a área apresenta uma vegetação relativamente conservada, sendo enquadrada como caatinga arbustivo-arbórea fechada, apesar de apresentar uma boa cobertura

vegetal na maior parte da área de estudo, em algumas partes é observada áreas com ausência de vegetação ou com vegetação de menor porte. Isto possivelmente se deve a ação antrópica em anos anteriores (PALÁCIO, 2011).

Com base em levantamentos da flora nas microbacias realizados por Alves (2008) e Lopes (2008), a estrutura de cobertura vegetal encontrada na área é formada por espécies vegetais herbáceas, principalmente *Hyptis sauaviolens* (L.) point (banbural), *Hyptis* sp. (melosa) e *Cróton* SP (velame); e espécies vegetais de caráter arbustivo e arbóreo como *Aspidosperma pyriformium* Mart (pereiro), *Croton sonderianus* Muell.Arg (marmeleiro). A vegetação da microbacia em pousio apresenta uma caatinga fechada cobrindo totalmente o solo no período chuvoso, com isso permite pouco desenvolvimento do estrato herbáceo. Cabe salientar que a vegetação perde suas folhas durante o longo período de estiagem da estação seca. Este fato faz com que no início da estação chuvosa, ocorra uma alteração das respostas hidrológicas.

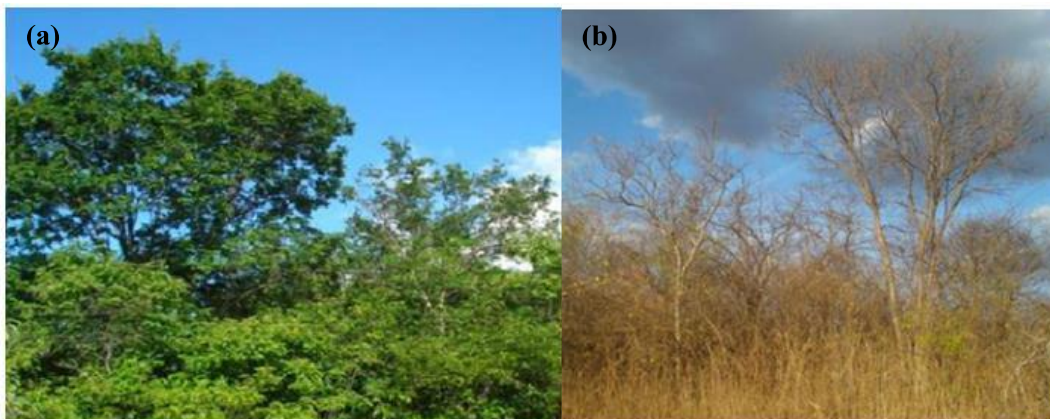
Na microbacia raleada (Figura 5), a aplicação do raleamento se deu durante todo o período de estudo (2009 – 2013), foram mantidas na área as espécies vegetais com diâmetro igual ou maior que 10 cm, e espécies de crescimento herbáceo. Na microbacia em pousio, foi mantida inalterada em todo o período estudado (2009 – 2013), Figura 6 as espécies herbáceas de maior densidade de indivíduos são novamente a *Hyptis* sp. E *Cróton* sp., seguida como na microbacia raleada da espécie arbórea arbustiva *Aspidosperma pyriformium* Mart.

Figura 5 - Microbacia experimental, com tratamento de raleamento, estação chuvosa (a) e estação seca (b)



Fonte: Eunice Andrada.

Figura 6 - Microbacia experimental, com cobertura composta de Caatinga em pousio, estação chuvosa (a) e estação seca (b)



Fonte: Eunice Andrada.

Torna-se importante relatar que existe nas microbacias uma grande quantidade de cobertura morta sobre o solo como consequência da queda natural da folhagem das espécies da caatinga, uma forma adaptativa e fisiológica da vegetação local de conseguir reduzir as perdas de água por evapotranspiração. A folhagem que cai sobre o solo forma uma camada de proteção ao solo (Figura 7), contra a ação do impacto das gotas das chuvas e redução dos processos de desagregação do solo e transporte de matérias erodido (Lobato, 2008).

Figura 7 - Detalhe da cobertura morta



Fonte: Eunice Andrada.



Já na microbacia raleada a cobertura do solo se dá principalmente por espécies herbáceas de caráter forrageiro recobrando a superfícies do solo (Figura 8)

Figura 8 – Parte da microbacia raleada coberta por espécies forrageira herbácea



Fonte: Eunice Andrada.

Diante destas duas coberturas vegetais distintas, a pesquisa visou identificar a diferença da lâmina escoada identificando qual das duas vegetações ocorre uma maior infiltração resultante da precipitação e por consequência a diminuição do escoamento superficial.

#### **4.6 Monitoramento Hidrológico das Microbacias**

Nesta etapa realizou-se uma síntese, sobre instrumentação e medição, com base nos trabalhos já realizados na área de pesquisa: Alves (2008), Rodrigues (2009), Lobato (2010), Palácio (2011) e Santos (2012).

As microbacias foram equipadas com estações hidroclimatológicas, com pluviômetros, calhas Parshall (Figura 9), sensores de temperatura do ar e solo, sensores de umidade relativa do ar, umidade do solo e pluviógrafos automáticos. Todos os dados foram coletados por meio de uma plataforma de coleta de dados (PCD) instalada em cada microbacia e programada para obtenção de dados a intervalos de cada 5 minutos. Este intervalo de tempo foi adotado, em função das altas intensidades de chuvas que ocorrem na

região, e também pelo baixo tempo de concentração das unidades avaliadas (RODRIGUES, 2009).

Figura 9 - Calha Parshal em fibra de vidro, nas microbacias experimentais, Iguatu-CE



Fonte: Helba Palácio.

#### 4.7 Precipitação Pluviométrica

Foram empregados para medição, tanto dados dos pluviógrafos de básculas, desenvolvidos e calibrados no Laboratório de Eletrônica e Mecânica da Agronomia (LEMA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), como também, pluviômetros do tipo Ville de Paris (Figura 10). Os dados intervalares foram importantes para cálculo das altas intensidades de chuvas, que normalmente ocorrem em curtas durações. Os dados nos pluviômetros Ville de Paris foram coletados, com duração de chuva de 24h, que serviu como dados assistentes aos do pluviógrafo de báscula. A precipitação pluviométrica foi dividida em três classes,  $P \leq 30$  mm,  $30 < P < 50$  mm e  $P \geq 50$  mm seguindo a proposta apresentada por ANDRADE *et al.* (2013).

Figura 10 – Detalhe do pluviômetro de báscula e pluviômetro do tipo Ville Paris



Fonte: Elinalda Costa.

#### 4.8 Precipitação Efetiva

O deflúvio superficial foi monitorado através de calhas Parshall confeccionadas em fibra de vidro. As calhas foram dimensionadas para uma vazão máxima gerada por um evento de chuva de 100 mm com intensidade de  $50 \text{ mm h}^{-1}$  em ausência de cobertura vegetal.

A precipitação efetiva foi monitorada por um sensor capacitivo desenvolvido no Laboratório de Eletrônica e Mecânica Agrícola (LEMA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, funcionando como um linígrafo, que foi instalado em um poço tranquilizador ao lado das calhas Parshall (Figura 11). O Sensor foi desenvolvido para medir frequência (KHz), sendo então calibrado.



Figura 11 - Sensor de nível (linígrafo) usado para medir a altura da água na calha



Fonte: Elinalda Costa.

A partir das elevações de nível de água ou cotas registradas no linígrafo automático converteu-se posteriormente em vazão mediante equação específica de cada calha. A equação das calhas empregadas nesse estudo segue a Equação 1, calculada segundo Bernardo *et al.* (2006).

$$Q = 3,72W * 0.0086^{w0,026} * Hm^{1,393 - w0,026} \quad (1)$$

Onde:

Q - vazão da calha Parshall (L s-1);

W - largura do estrangulamento (cm), com valor de 47,5 para calhas;

Hm - altura da coluna d'água no ponto a montante do estrangulamento (cm).

Os dados de vazão correlacionados com o tempo proporcionaram a geração de hidrógrafas para cada evento de chuva correspondente. O volume de água escoado nos canais das microbacias durante um evento de precipitação foi obtido pela seguinte expressão (Equação 2):

$$V = \sum_{t_0}^{t_n} Q(t) \Delta t \quad (2)$$

Em que:

V – volume de água escoado correspondente a cada chuva, L;

$t_0$  – tempo de início do escoamento superficial, s;

$t_n$  - tempo de término do escoamento superficial, s;

Q(t) – vazão em função do tempo, L s-1;

t – intervalo de tempo de escoamento, s.

O volume escoado foi correlacionado com a área da bacia para obtenção do deflúvio ou lâmina escoada, de acordo com a expressão (Equação 3):

$$D = \frac{V}{A} * 1000 \quad (3)$$

Em que:

D – representa o deflúvio (mm);

V – volume escoado (m<sup>3</sup>);

A – área da bacia (m<sup>2</sup>).

O coeficiente de escoamento superficial (C), que expressa o quanto da precipitação (PPt) converte-se em deflúvio, foi calculado pela razão entre o deflúvio e a precipitação, (Equação 4).

$$C = \frac{D}{PPt} \quad (4)$$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Precipitação Efetiva

Durante o período estudado, 2009 a 2013, (Tabela 3) foram observados que dois anos (2009 e 2011) apresentaram uma pluviosidade total acima da média histórica da região. Já nos demais anos (2010, 2012 e 2013) a precipitação registrada foi abaixo da média histórica. Enquanto que no ano de 2010 a precipitação total foi 797 mm, no ano seguinte choveu uma lâmina de 1.347 mm. Tal fato confirma a alta variabilidade temporal dos eventos, o que é característica marcante da região semiárida (GUERREIRO *et al.*, 2013). Os referidos autores analisaram 55 estações meteorológicas no Ceará (1974-2009) e como resultados encontraram uma tendência de diminuição da precipitação mensal ao longo do período em quase todo o estado do Ceará.

Do total de 224 eventos pluviométricos registrados no período de estudo, foram gerados 76 eventos de escoamento na microbacia com vegetação em pousio e 68 na microbacia com vegetação raleada. Pode-se observar, também, na Tabela 3 a relação dos eventos chuvosos com a precipitação efetiva. No ano de 2013 foram observadas poucas chuvas e a ocorrência apenas de duas precipitações efetivas, no entanto o valor da precipitação efetiva de 2013 foi superior à registrada em 2010 que registrou sete eventos de precipitação efetiva. Tal resultado está relacionado com a variabilidade das precipitações, onde um ano que tenha vários eventos chuvosos pode apresentar uma menor lâmina escoada que um ano com maior número de eventos.

Tabela 3 - Síntese hidrológica das microbacias experimentais para o período de estudo (2009-2013)

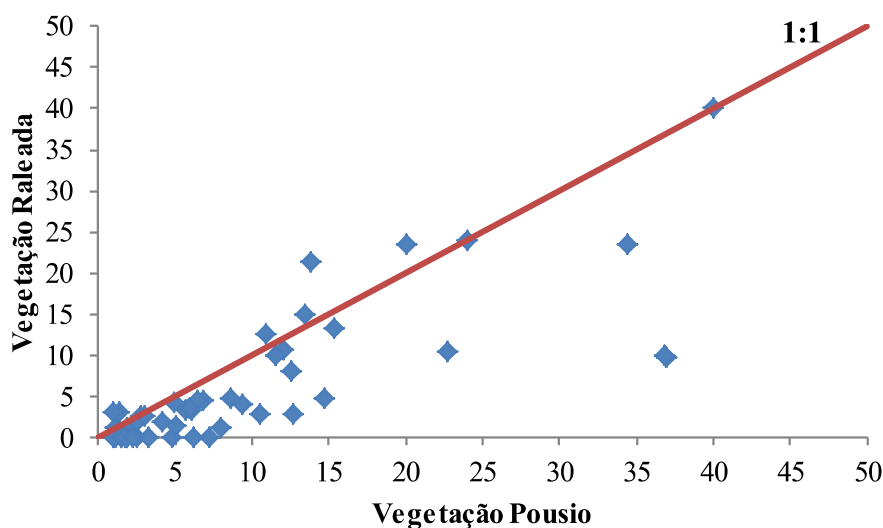
Microbacia	Ano	Nº de Eventos Chuvosos	Nº de Eventos com Escoamento	P e Pe (mm)	
				P	Pe
Vegetação Pousio	2009	52	25	1.062,30	103,66
	2010	48	7	797,26	15,12
	2011	59	25	1.347,04	187,52
	2012	34	17	803,36	171,99
	2013	31	2	661,70	64,00
	<b>Total</b>		224	76	4.671,65
Vegetação Raleada	2009	52	23	1.062,30	73,60
	2010	48	5	797,26	11,28
	2011	59	21	1.347,04	143,25
	2012	34	17	803,36	26,24
	2013	31	2	661,70	64,00
	<b>Total</b>		224	68	4.671,65

\*P= precipitação anual (mm) e Pe= precipitação efetiva (mm)

Outro fato importante observado é que em todos os anos estudados a precipitação efetiva foi sempre inferior para a microbacia com vegetação raleada. Resultados semelhantes foram observados por MELLO *et al.* (2007). Os referidos autores estudando a predição da resposta hidrológica em microbacias hidrográficas a partir de diferentes usos do solo, sendo a microbacia ocupada por eucalipto e pastagem encontraram resultados onde as variáveis hidrológicas deflúvio e vazão de pico bastante sensíveis à umidade do solo antecedente aos eventos de precipitação, a ocupação da microbacia por eucalipto provocaria redução da umidade do solo antecedente, interceptação pelo dossel, produzindo assim menores deflúvio e vazão de pico, já a situação em que a microbacia estivesse ocupada por pastagem, produziria aumento da umidade do solo e esta situação aumentaria a geração de deflúvio.

Os maiores números de eventos de precipitação efetiva na microbacia com caatinga em pousio é nitidamente visível, quando se compara as duas microbacias com vegetações distintas (Figura 12), mostrando assim a eficiência do manejo da microbacia com caatinga raleada em reduzir os eventos de precipitação efetiva. Resultados semelhantes foram encontrados por ANDRADE *et al.* (2013) esses autores encontraram uma redução de precipitação efetiva na cobertura vegetal rasteira (estrato herbáceo) em alturas pluviométricas menores que 50 mm.

Figura 12- Números de eventos de precipitação efetiva ocorridos nas microbacias em pousio e raleada.



Pela similaridade fisiográfica entre as microbacias hidrográficas estudadas (Tabela 1), infere-se que essas menores lâminas escoadas na microbacia raleada estão relacionadas ao manejo da vegetação. Araújo Neto *et al.* (2013) estudando a mesma microbacia chegaram a conclusão que o Manejo do raleamento da vegetação gera um menor número de eventos com precipitação efetiva, uma redução na lâmina escoada, menores picos de vazões e aumento da umidade do solo que promove a conservação dos recursos naturais.

Tucci *et al.* (1997) em seu artigo estudando as modificações naturais e artificiais na cobertura vegetal das bacias hidrográficas influenciam o seu comportamento hidrológico chegou a conclusão que o impacto do uso do solo sobre o comportamento hidrológico de bacias rurais é fundamental na preservação e uso dos recursos hídricos. A literatura apresenta vários artigos de bacias experimentais demonstrando que o desmatamento para utilização de culturas anuais, que é o processo que ocorre em grande parte do território brasileiro, produz aumento do escoamento de longo período.

A retirada das árvores com diâmetro inferior a 10 cm no processo de raleamento favoreceu a maior penetração de luz solar pelo dossel das árvores, com consequente germinação do banco de sementes herbáceas presente na cobertura rasteira do solo (PALÁCIO, 2011). Este maior desenvolvimento da vegetação herbácea na microbacia raleada (Figura 5) em relação à vegetação em pousio (Figura 6) promoveu um aumento na taxa de

infiltração da água no solo como foi comprovado em estudo por GOMES *et al* (2012) e uma redução das perdas de água por escoamento superficial. Resultados semelhantes foram encontrados por GARCIA-RUIZ *et al.* (2008) em microbacias no semiárido da Espanha.

Dessa forma, o desenvolvimento da cobertura vegetal herbácea, que cobriu praticamente toda a superfície do solo da microbacia raleada atenuou o impacto direto das gotas da chuva, promovendo uma resistência ao fluxo superficial da água (THOMAZ, 2009) reduzindo o escoamento superficial.

Ao avaliar os eventos de precipitação, divididos por classes (Tabela 4), observa-se que o maior número de eventos pluviométricos ( $\geq 50\%$ ) ocorreu na primeira classe ( $P \leq 30$  mm) e o menor número na terceira classe ( $P \geq 50$  mm). O maior % de eventos pluviométricos com geração de escoamento foi registrado na classe intermediária ( $< 40\%$ ) e o menor ocorreu para precipitações inferiores à 30 mm.

Acredita-se que o menor número de eventos com escoamento para  $P \leq 30$  mm, expresse um limiar da capacidade do solo em absorver lâminas precipitadas inferiores a 30 mm. Tal limiar já foi apontado por ANDRADE *et al.* (2013). Nos dois anos de menores precipitações totais, 2010 e 2013, foram registrados os menores percentuais de escoamento na classe  $P \leq 30$  mm, expressando o efeito de dias secos consecutivos sobre a geração de escoamento.

Para as classes de altura pluviométrica, o percentual de eventos que gerou escoamento foi inferior na microbacia com vegetação raleada. Uma vez que os solos das duas microbacias pertencem à mesma classe de solo (Tabela1) e as mesmas apresentam similaridade fisiográfica, considera-se que este menor percentual de eventos com registros de escoamento na bacia raleada sejam consequência da cobertura vegetal. Observa-se, também, que o efeito da cobertura vegetal foi mais evidente para eventos  $\leq 30$  mm.

Tabela 4- Distribuição dos eventos de chuva para as classes estudadas

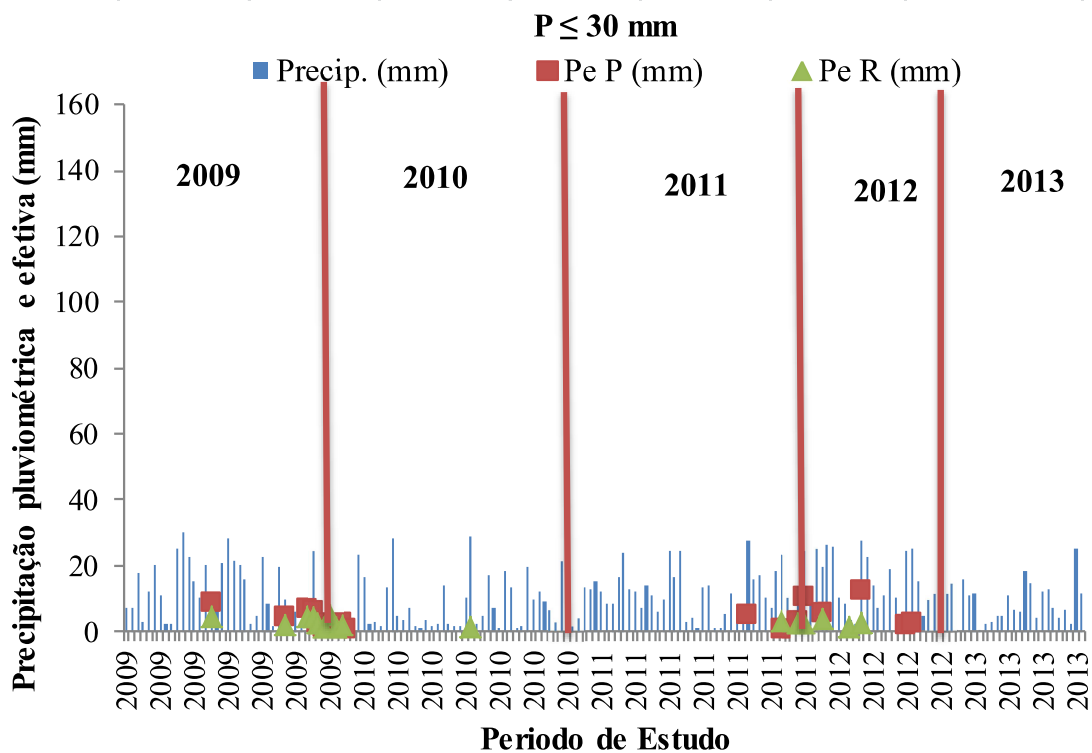
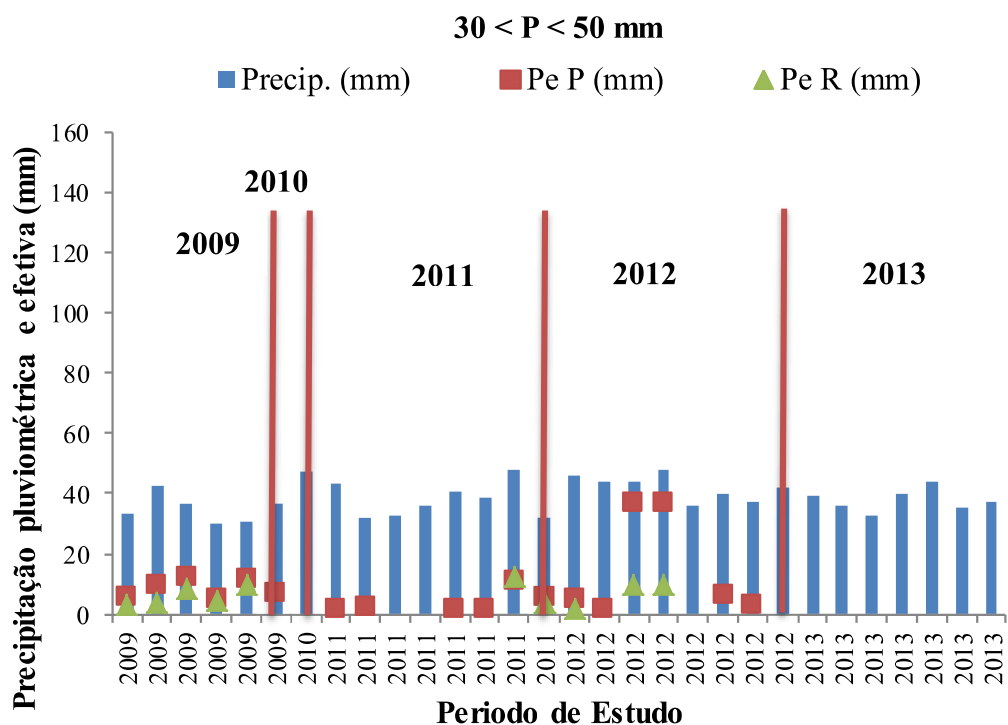
Ano	P. total	N° eventos ano	Classes de altura pluviométrica caatinga em pouso								
			P ≤ 30 mm			30 < P < 50 mm			P ≥ 50 mm		
			N° de eventos	Eventos p/Pe> 0	Eventos p/Pe> 0 (%)	N° de eventos	Eventos p/Pe> 0	Eventos p/Pe> 0 (%)	N° de eventos	Eventos p/Pe> 0	Eventos p/Pe> 0 (%)
2009	1.062,3	52	41	15	37	6	6	100	5	4	80
2010	797,3	48	40	2	5	1	1	100	7	4	57
2011	1.347,0	59	43	11	26	8	7	88	8	7	88
2012	803,4	34	24	8	33	8	8	100	2	1	50
2013	661,7	31	22	0	0	7	0	0	2	2	100
<b>Total</b>	<b>4.671,6</b>	<b>224</b>	<b>170</b>	<b>36</b>	<b>101</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>388</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>375</b>

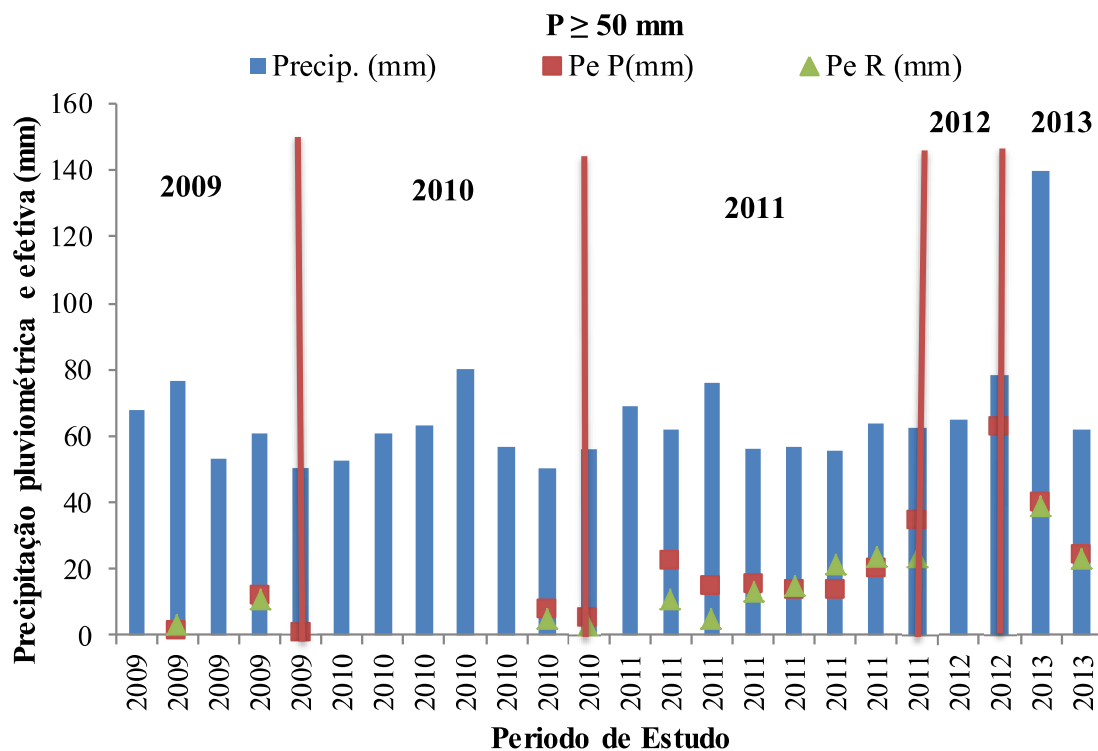
Ano	P. total	N° eventos ano	Classes de altura pluviométrica caatinga raleada								
			P ≤ 30 mm			30 < P < 50 mm			P ≥ 50 mm		
			N° de eventos	Eventos p/Pe> 0	Eventos p/Pe> 0 (%)	N° de eventos	Eventos p/Pe> 0	Eventos p/Pe> 0 (%)	N° de eventos	Eventos p/Pe> 0	Eventos p/Pe> 0 (%)
2009	1.062,3	52	41	14	34	6	6	100	5	3	60
2010	797,3	48	40	1	3	1	1	100	7	3	43
2011	1.347,0	59	43	10	23	8	4	50	8	7	88
2012	803,4	34	24	8	33	8	8	100	2	1	50
2013	661,7	31	22	0	0	7	0	0	2	2	100
<b>Total</b>	<b>4.671,6</b>	<b>224</b>	<b>170</b>	<b>33</b>	<b>93</b>	<b>30</b>	<b>19</b>	<b>350</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	<b>340</b>

A precipitação efetiva se mostrou sensível às classes de precipitação investigadas, com tendências diferentes entre elas (Figura 13), expressando que a precipitação efetiva apresenta uma maior dependência da distribuição temporal dos eventos do que do total precipitado. Resultados semelhantes foram observados por GOMES *et al.* (2012) estudando duas microbacias e sua relação com a umidade, os autores concluíram que dos manejos avaliados, o raleamento se mostrou mais eficiente na retenção de umidade do que o manejo natural.

Figura 13 – Precipitações pluviométricas e efetivas

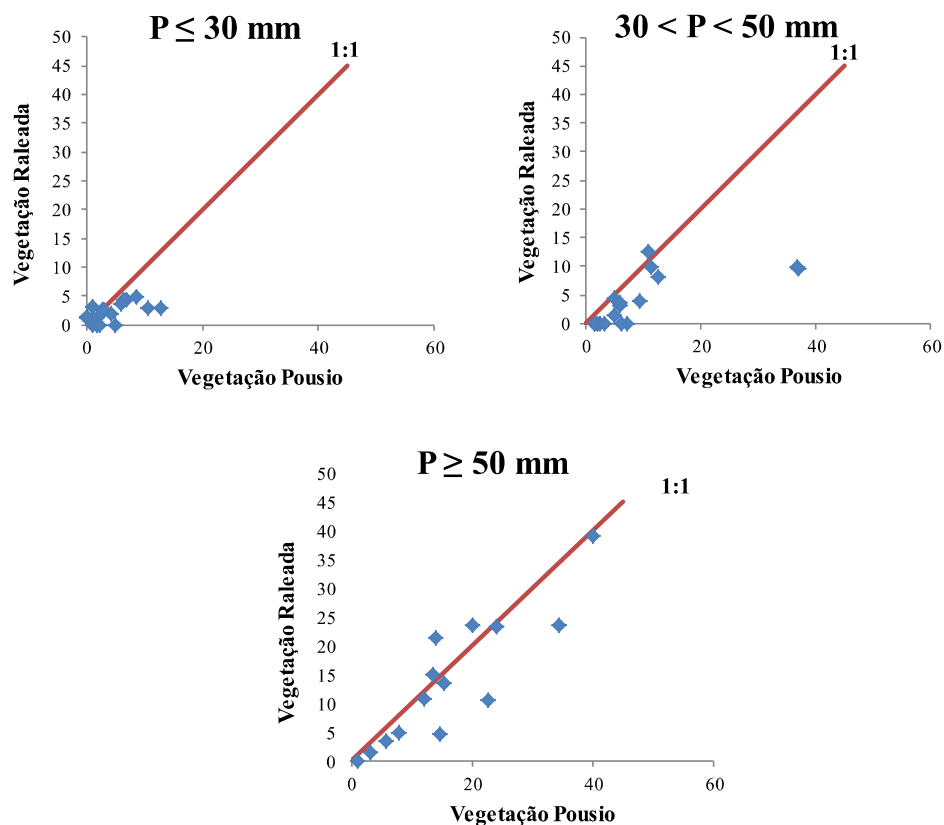






A microbacia com vegetação raleada apresentou menor precipitação efetiva para as três classes de altura pluviométrica em todo o período investigado (Figura 14). A retirada de parte de vegetação arbórea como já comentado anteriormente permite uma maior penetração de luz solar com consequente aumento da cobertura rasteira pela vegetação herbácea (PALÁCIO, 2011).

Figura 14 – Respostas hidrológicas das microbacias com vegetação em pousio e raleada dentro das classes estudadas



O desenvolvimento da vegetação herbácea reduz a velocidade do fluxo de massa, o que resulta em uma menor lamina de escoamento (TORRES *et al.*, 2011). Para precipitações superiores a 50 mm a diferença entre as lâminas escoadas nas duas coberturas vegetais foram reduzidas consideravelmente, porém mantendo-se a tendência de menores laminas para a microbacia com vegetação raleada.

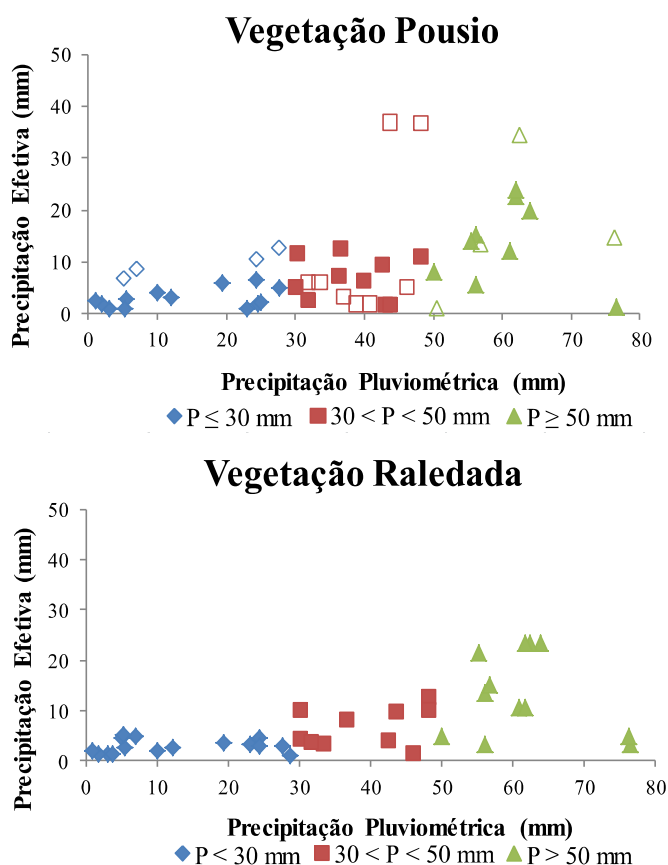
Pesquisadores como (RODRIGUES, 2009; RAN *et al.*, 2012), também identificaram que a alteração da cobertura vegetal pode reduzir o escoamento superficial pelo maior desenvolvimento da vegetação rasteira.

Quando se observa a relação entre a precipitação pluviométrica e a precipitação efetiva nas duas coberturas vegetais (vegetação em pousio e raleada) (Figura 15), identifica-se uma maior dispersão e maiores valores da precipitação efetiva para a microbacia com caatinga em pousio. Os símbolos vazados na imagem da microbacia em pousio representam precipitações efetivas que não aconteceram na microbacia raleada. Estes dois indicadores da resposta hidrológica de uma microbacia se fizeram presentes nas três classes estudadas. Na

classe ( $P \leq 30$  mm), a precipitação efetiva para a vegetação raleada apresentou valores inferior a 5 mm, enquanto que para a mata em pousio registrou-se precipitações efetivas superior a 10 mm.

Nas outras duas classes de precipitação, a maior precipitação efetiva foi sempre registrada na caatinga em pousio. O limite superior da precipitação efetiva na vegetação raleada foi de 25 mm, enquanto que para a mata em pousio, observaram-se valores em torno de 40 mm. Tal fato expressa o maior potencial de escoamento superficial na microbacia com mata em pousio. Resultados semelhantes foram observados por RODRIGUES *et al.* (2013) e ARAÚJO NETO *et al.* (2013).

Figura 15 – Relação entre a precipitação pluviométrica e efetiva para as microbacias com vegetação em pousio e raleada



O maior número de eventos de precipitação efetiva na microbacia com caatinga em pousio (76) em comparação com a microbacia raleada (68) confirma a eficiência do manejo do raleamento para a produção de pastagem na redução do escoamento superficial. Esse comportamento nas respostas hidrológicas das microbacias mostra claramente o papel da

cobertura vegetal na retenção e minimização das perdas de água por precipitação efetiva. Demonstrado que a cobertura vegetal é um fator chave sobre a redução da lâmina escoada e corroborando com resultados de BARTLEY *et al.* (2006); GARCIA-RUIZ *et al.* (2008); MUÑOZ-ROBLES *et al.* (2011), que verificaram a importância da vegetação sobre o deflúvio em bacias hidrográficas.

Autores Como Wainwright *et al.* (2000) e Casermeiro *et al.* (2004) verificaram que em áreas cobertas com vegetação a resposta geral tem sido a redução significativa das taxas de escoamento superficial, e as maiores diferenças nas taxas de escoamento superficial estão relacionadas não somente com o total da cobertura vegetal, mas também com o resultado de diferenças da estrutura e na fisionomia das plantas (extrato herbáceo ou arbóreo), que provoca diferentes valores de interceptação da chuva.

## **5.2 A influencia dos eventos de chuva (P) e da altura pluviométrica na ocorrência da precipitação efetiva (Pe)**

Entre todas as chuvas registradas (224) no período dos cinco anos, um total de 48 eventos (Tabela 5) gerou  $Pe > 1,0$  mm na caatinga em pousio (CP) e 36 na caatinga raleada (CR). Esses eventos de chuvas produziram uma Pe de 447 mm e 298 mm, respectivamente, para a caatinga em pousio e caatinga raleada respectivamente.

O menor número de eventos e a menor lâmina escoada ocorridos na microbacia com vegetação raleada é explicado pelo surgimento de um denso estrato herbáceo (Figura 5) decorrente da maior penetração de luz solar pelo raleamento das espécies vegetais de maior porte como já argumentado por Palácio, 2011.

Para os dois fatores testados, P. total e I30, foram identificados maiores pesos de correlação na caatinga raleada entre  $Pe \times P.\text{total}$  e I30 (Tabela 6), expressando que a Pe desta área é melhor explicada por estes fatores do que na caatinga em pousio, sendo a P. total o fator de maior influencia no processo de escoamento superficial. Chen *et al.*, 2014, também, identificaram que a P. total entre as variáveis investigadas (P. total, volume de barragens, população, manejo do solo) foi a única que apresentou correlação significativa com a Pe, explicando 80% da variância do processo de escoamento superficial.

Tabela 5 - Caracterização dos eventos pluviométricos e de precipitações efetivas (Pe)

Caatinga Pousio						
Ano	P.Total	Eventos de P/ano	No de Eventos p/Pe > 1mm	P. Total p/Pe > 1mm	Pe (mm)	I30 médio (mm/hr)
2009	1.062,3	52	15	463	106	35,3
2010	797,3	48	2	103	14	48,5
2011	1.347,0	59	19	783	184	45,2
2012	803,4	34	10	415	79	50,1
2013	661,7	31	2	202	64	35,0
<b>Total</b>	4.671,6	224	48	1966	447	42,82

Caatinga Raleada						
Ano	P.Total	Eventos de P/ano	No de Eventos p/Pe > 1mm	P. Total p/Pe > 1mm	Pe (mm)	I30 (mm/hr)
2009	1.062,3	52	15	431	70	34,4
2010	797,3	48	2	116	6	39,5
2011	1.347,0	59	13	588	136	50,1
2012	803,4	34	4	166	22	48,2
2013	661,7	31	2	202	64	34,0
<b>Total</b>	4.671,60	224	36	1503	298	41,24

Tabela 6 - Correlação de Person entre Precipitação efetiva (Pe), Precipitação total (P. total) e Intensidade da chuva (I30)

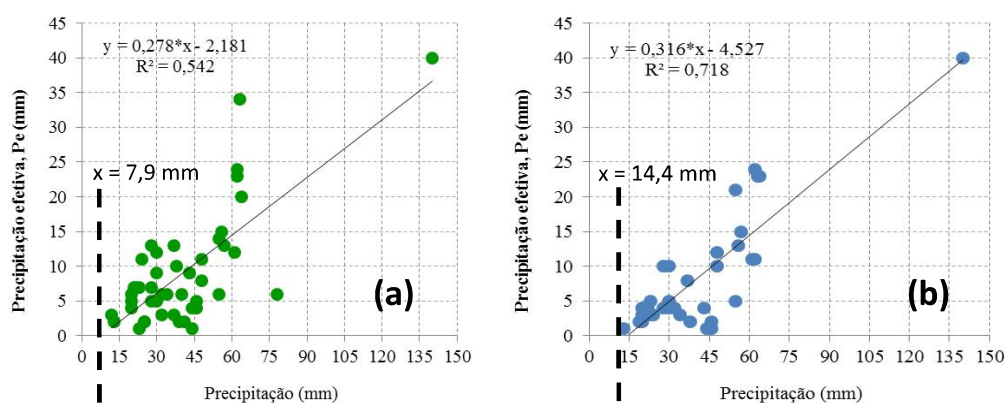
	Caatinga Pousio			Caatinga Raleada		
	Pe	P. Total	I30	Pe	P. Total	I30
Pe	1			1		
P. Total	0,736*	1		0,847*	1	
I30	0,254	0,515*	1	0,382	0,498*	1

\*estatisticamente significativo ao nível de 5%

Identificado o fator que apresentou correlação significativa com Pe, desenvolveu-se uma análise de regressão simples para analisar as relações entre a P. total e a Pe (Figura

16), sendo os coeficientes de ambas as equações significativos ( $F = 83$ ,  $\text{sign} = 0,000$ ). A menor correlação existente para os menores valores de precipitação nas duas coberturas vegetais apontam a inferência de fatores não investigados no processo de escoamento. O modelo, também identificou que, para as maiores alturas pluviométricas, as duas microbacias apresentam respostas hidrológicas similares.

Figura 16 – Relação entre a P. total e Pe para caatinga em pousio (a) e a caatinga raleada (b).



A bacia raleada apresentou uma maior capacidade de retenção de umidade, sendo o limiar para início da Pe de 7,9 mm para a caatinga em pousio e 14,4 mm para a caatinga raleada. Considerando que as mesmas apresentam características geomorfológicas e edáficas similares (Tabela 1) entende-se que a cobertura vegetal tem uma maior inferência sobre a Pe em menores alturas pluviométricas. Esta maior inferência é decorrente de um estrato herbáceo com maior densidade de espécies na caatinga raleada como já comentado anteriormente. A influencia do estrato herbáceo sobre a Pe já foi identificado por autores como (RODRIGUES *et al.*, 2013).

## 6 CONCLUSÃO

As precipitações efetivas em microbacias efêmeras apresentam uma maior dependência de alturas pluviométricas superiores a 30 mm, as quais são responsáveis, em média, por mais de 60% da lamina total escoada, enquanto que o maior número de eventos que gera escoamento superficial apresenta altura pluviométrica  $\leq 30$  mm.

A precipitação total foi o fator que melhor explicou a precipitação efetiva em ambas as coberturas vegetais para o período estudado.

O estrato herbáceo foi efetivo na definição da resposta hidrológica para menores alturas pluviométricas, não havendo inferências nas maiores precipitações.

Esta inferência nas menores alturas pluviométricas definiu um limiar de início de escoamento de 7,9 mm para a caatinga em pousio e 14,4 mm para a caatinga raleada.

## REFERÊNCIAS

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caminhos de Geografia**, v.9, p.143-155,2008.

ALVES, N. N. L. **Caracterização de micro-bacia hidrográfica experimental no semiárido brasileiro como suporte a estudos da degradação**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. and temporal scales: A case study of California. *Water Resources Research*, v.45,

ANDRADE, E. M. **Regionalization of average annual runoff models for ungaged watersheds in arid and semiarid regions**. 1997. 192 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais Renováveis) –Universidade do Arizona, 1997.

ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H A Q ; SANTOS, J. C. N. ; SIMAS, M. J. ; RODRIGUES, J.O . **Runoff curve number for a small forested watershed in a semiarid region of Brazil**. In: Watershed Technology Conference and Workshop Improving Water Quality and the Environment, 2012, Bari. 21st Watershed Technology Conference and Workshop Improving Water Quality and the Environment. Texas: ASABE, 2012. p. 12-13705.

ANDRADE, E. M.;MEIRELES, A.C.M; PALÁCIO, H.A.Q. **O semiárido cearense e suas águas**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2010, v. 3, p. 71-94.

ANDRADE, E. M.; NETO, J. R. A.; 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 – CE.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; BARBIER, N.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y.; ANDERSON, L.; SAATCHI, S. **Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, London, v. 363, n. 1498, p. 1779-1785, 2012.

ARAÚJO NETO, A. J. R. Runoff and soil and nutrient losses in semiarid uncultivated fields. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 813-820, 2011.

ARAÚJO NETO, J. R. A.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; SANTOS, J. C. N. S.; BRASIL, P. P. **Número de curva (CN-NRCS) versus umidade antecedente com cobertura vegetal modificada em região semiárida**. In: I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2013, Iguatu – CE.

ARAÚJO NETO, J. R. A.; SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; BRASIL, J. B. FILHO, J. C.R. **Geração de escoamento superficial em diferentes escalas espaciais com cobertura vegetal modificada no semiárido** In: I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, 2013, Campina Grande – PB

ARAÚJO NETO, J. R. **Efeito de diferentes manejos sobre o escoamento superficial em microbacias experimentais no semiárido tropical**. 2012. 128f. Dissertação (Mestrado em



Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

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.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALERIO, A. F. **O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas**. *Âmbio*, Guarapuava, PR, v.4, n.1, p.131-149, Jan./Abr, 2008.

BARBOSA, P.M; STROPPIANA, D; GRÉGOIRE, J.M.; CARDOSO PEREIRA, J. M. (1999). **An assessment of vegetation fire in Africa (1981–1991): Burned areas, burned biomass, and atmospheric emissions**. *Global Biogeochemical Cycles*, 13(4), 933–950.

BARTLEY, R; ROTH, C, H.; LUDWIG, J,.; MACJANNET, D.; LIEDLOFF, A.; CORFIELD, J.; HAWDON, A.; ABBOTT, B. **Runoff and erosion from Australian's tropical semi-arid rangelands: influence of ground cover for differing space and time scale**. *Hydrological Processes*, v. 20, p. 3317-3333, 2006.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006, 625 p.

BRASILEIRO, R. S. **Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: Da degradação à conservação**. *Scientia Plena*, v.5, p.1-12, 2009.

BUCKERIDGE, M. S. Mudanças climáticas, biodiversidade e sociedade: como a teoria de redes pode ajudar a compreender o presente e planejar o futuro? **Revista Multiciência**, Campinas, n. 8, p. 88-107, 2007.

CANTÓN, Y.; DOMINGO, F.; SOLÉ-BENET, A.; PUIGDEFÁBREGAS, J. **Hydrological and erosion response of a badland system in semiarid SE Spain**. *Journal of Hydrology*, v.252, p. 65-84, 2001.

CARLESSO, R; SPOHR, R. B. ; ELTZ, F. L. F. ; KNIES, A. E. ; FIORIN, T. T. . **Estimativa do escoamento superficial no sul do Brasil: modelo modificado de Smith e número da curva (USDA-SCS)**. In: Seminário Técnicas de Riego e Fertirriego, 2007, Cuenca, Equador. *Anais do Seminário Técnicas de Riego e Fertirriego*, 2007. v. 1. p. 1-15.

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.

CASERMEIRO, M. A.; MOLINA, J. A.; CARAVACA, M. T. D. L.; COSTA, J. H.; CASTILHO, C.P.G.; TEIXEIRA FILHO, J.; LULU, J. **Interceptação de chuvas na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* spp.)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 8., 1999, Belo Horizonte. *Resumos...* Belo Horizonte: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1999. p.84.

CHAPRA, S. C. **Surface water-quality modelling**. New York: McGraw-Hill, 1997. 844p.

CHEN, J; XIAODAN, W; FINLAYSON, BL; WEBBER, M; WEI, T; LI, M; CHEN, Z. **Variability and trend in the hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation and runoff.** Journal of Hydrology, 2014, v.513, p.403-412. doi: 10.1016/j.jhydrol.2014.03.044.

COSTA, A. A. **Nuvens: das observações à modelagem de sua microfísica e macrofísica.** Tese (doutorado para professor titular) – UFC. 283 f. 2007.

COSTA, A. C. **Hidrologia de uma bacia experimental em área conservada no semi-árido brasileiro.** 2007. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

DAMIÃO, M. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; MENDES, D. **Uma análise da precipitação no semi-árido do Nordeste do Brasil em casos de Janeiros secos e chuvosos e sua associação com a chuva observada nos meses de Fevereiro a Maio.** 2005. Disponível em: <[http://mtem15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/09.02.13.38/doc/Damiaio\\_Uma%20analise e %20da%20precipitacao.pdf.pdf](http://mtem15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/09.02.13.38/doc/Damiaio_Uma%20analise%20da%20precipitacao.pdf.pdf)>. Acesso em: 29 de Janeiro de 2005.  
Dregne, H. E. (2011). Soils of arid regions. Vol. 6, Elsevier

DRUMOND, M. A. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e reparação de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga.** Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável. Petrolina: Semiárido para avaliação e identificação de ações, 2000. Disponível em:<http://www.biodiversitas.org.br/caatinga/documentos..asp.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2013.

DUQUE, G. **O nordeste e as lavouras xerófilas.** 3.ed. Mossoró: ESAM, 1980a. 316p. (Coleção Mossoroense, 143)

DUQUE, G. **Solo e água no polígono das secas.** 5.ed. Mossoró: ESAM, 1980b. 273p. (Coleção Mossoroense, 142)

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. B. **Water in Enviroment Planning.** W. H. Freeman na Company, New York, 818 p, 1978.

FIGUEIREDO, J. V. **Início da geração do escoamento superficial em uma bacia semiárida em Caatinga preservada.** 84 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2011. Forested Watersheds of Georgia. Report submitted to Georgia Water Resources Institute.

FILHO, J. C.R.; ARAUJO NETO. J.R.; ANDRADE, E.M.; BRASIL, J.B.; PINHEIRO, G.A. **Efeito do manejo nas perdas de água e solo em microbacias experimentais modificadas no semiárido cearense.** In: XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2014, João Pessoa – PB.

GARCIA-RUIZ, J. M.; REGUÉS, D.; ALVERA, B.; LANA-RENAULT, N.; SERRANO-MUELA, P.; NADL-ROMERO, E.; NAVAS, A.; LATRON, J.; MARTÍ-BONO, C. ARNÁEZ, J. **Flood generation and sediment transport in experimental catchments**

**affected by land use changes in the central Pyrenees.** Journal of Hydrology, v. 274, p. 30-46, 2008.

GLEICK, P.H., 1993. **Water and conflict: fresh water resources and international security.** Int. Secur. 18 (1), 112.

GOMES, F. E. F.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; BRASIL, P. P. **Comparativo da umidade do solo de duas microbacias na caatinga, em relação ao manejo.** In: Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, Tocantins. Anais... CONNEPI, Tocantins, 2012.

GUERREIRO, M. J.S.; ANDRADE, E. M.; ABREU, I.; LAJINHA, T. **Long-term variation of precipitation indices in Ceara State, Northeast Brazil.** International Journal of Climatology Int. J. Climatol. (2013)

HAAN, C.T.; BARFIELD, B.J.; HAYES, J.C. **Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments.** Academic Press, San Diego, 588 p, 1993.

He, Y., Guo, X., Wilmshurst, J., 2009. **Reflectance measures of grassland biophysical structure.** Int. J. Remote Sens. 30 (10), 2509e2521.

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

JUNQUEIRA JUNIOR, J. A.; GOMES, N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **precipitação provável para a região de Madre de Deus, alto rio Grande: modelos de probabilidades e valores característicos.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 31, n. 3, p. 842-850, maio/jun., 2007.

LACERDA, A. V.; BARBOSA, F. M.; BARBOSA, M. R. V. **Estudo do componente arbustivo-arbóreo de matas ciliares na bacia do rio Taperoá, semi-árido paraibano: uma perspectiva para a sustentabilidade dos recursos naturais. A ecologia Brasiliensis - Ecologia da Caatinga,** v.11, p.331-340, 2007.

Li, Z., Guo, X., 2012. **Detecting climate effects on vegetation in northern mixed prairie using NOAA AVHRR 1-km time-series NDVI Data.** Remote Sens. 4 (1), 120e134

LIBERATO, A. M.; BRITO, J. I. B. **Influência de mudanças climáticas no balanço hídrico da Amazônia Ocidental.** **Revista Brasileira de Geografia Física,** Recife, v. 3, n. 3, p. 170-180, 2010.

LIMA, C. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E.M.; SANTOS, J. C. N.; BRASIL, P.P. **Characteristics of rainfall and erosion under natural conditions of land use in semiarid regions.** **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.11, p.1222–1229, 2013

LOBATO, F. A. O. **Perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica para diferentes alturas pluviométricas em área de Caatinga do Ceará.** 2008. 56f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

McGinn, S.M., 2010. **Weather and climate patterns in Canada's prairie grasslands**. In: Shorthouse, J.D., Floate, K.D. (Eds.), *Arthropods of Canadian Grasslands, Ecology and Interactions in Grassland Habitats*, vol. 1. Biological Survey of Canada, Ottawa, Ontario, pp. 105e119.

Mehta, V.M., Knutson, C.L., Rosenberg, N.J., Olsen, J.R., Wall, N.A., Bernadt, T.K., Hayes, M.J., 2013a. **Decadal climate information needs of stakeholders for decision support in water and agriculture production sectors: a case study in the Missouri River basin**. *Weather Clim. Soc.* 5, 27–42.

MELLO, C. R., LIMA, J. M., SILVA, A. M. Simulação do deflúvio e vazão de pico em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.4, p.410–419, 2007.

MENDES, D.; CASTRO, C. A. C.; CAMARGO JR., H. ; SANCHES, M.B.; CALBETE, N.O. DE.. **Monitoramento da zona de convergência intertropical (zcit) Através de dados de temperatura de brilho (tb) e radiação de Onda longa (rol)**. Disponível em: <[http://mtcm15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/07.26.10.37/doc/Mendes\\_Monitoramento%20da%20zona%20de%20convergencia.pdf](http://mtcm15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/07.26.10.37/doc/Mendes_Monitoramento%20da%20zona%20de%20convergencia.pdf)>. Acesso em: 29 de Janeiro de 2015.

Menezes, H. E. A.; Brito, J. I. B.; Lima, R. A. F. A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.181-186, 2010.

MONTENEGRO, A.A.A; MONTENEGRO, S.M.G.L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. IN: *Recursos hídricos em regiões semiáridas / editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258P.*

MUNOZ-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.

PALÁCIO, H. A. Q. **Avaliação emergética de microbacias hidrográficas do semiárido submetidas a diferentes manejos**. 150 f. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas no Semiárido) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2011

PALÁCIO, H. A.Q.; FILHO, A. S.J.; ANDRADE, E.M; SANTOS, J. C.; BRASIL, P. P. (2012). Uso da terra e resposta hidrossedimentológica de microbacia no semiárido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 187-194.

PESSOa, M. F.; GUERRA, A. M. N. M.; MARACAJÁ, P. B.; LIRA, J. F. B.; DINIZ FILHO, E. T. Estudo da cobertura vegetal em ambientes da caatinga com diferentes formas de manejo no assentamento Moacir Lucena, Apodi - RN. **Revista Caatinga**, v.21, p.40-48, 2008.

QIAN, W., LIN, X. **Regional trends in recent precipitation indices in China**. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v. 90, p. 193-207, 2005.

RAN, Q.; SU, D.; LI, P.; HE, Z. **Experimental study of the impact of rainfall characteristics on runoff generation and soil erosion.** *Journal of Hydrology*, v. 424–425, p. 99–111, 2012.

REICHARDT, Klaus. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1987. 186 p.

REIS, L. F. R. **Escoamento superficial. Notas de hidrologia e recursos hídricos.**

Disponível

em: <<http://www.shs.eesc.usp.br/graduacao/disciplinas/shs403/download/escoamentosuperficial.pdf>>, 29 de Janeiro de 2015.

RODRIGUES, E. R.; JÚNIOR, L. C.; MOSCOGLIATO, A. V.; BELTRAME, T. B. O uso do sistema agroflorestal taungya na restauração de reservas legais: indicadores econômicos. **Revista Floresta**, v. 38, n. 3, p. 517-525, 2008.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; MENDONÇA, L. A. R.; SANTOS, J. C. N. Sediment loss in semiarid small watershed due to the land use (no prelo). **Revista Ciência Agrônômica**, 2013.

RODRIGUES, J.O.; ANDRADE, E.M.; 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, n.3, p.312–318, 2013

RODRIGUES, J.O.; ANDRADE, E.M.; PALÁCIO, H.A.Q.; MENDONÇA, L.A.R. **Comparativo hidrológico em pequenas bacias hidrográficas** In: I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, 2013, Iguatu – Ce

RODRIGUES, J.O; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H.A.Q; SANTOS, J.C.N; ARAÚJO NETO, J.R.. **Influência da ação antrópica sobre a produção de sedimentos em microbacias hidrográficas de escoamento efêmero no Semi-árido Nordeste.** In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009, Fortaleza. XXXII CBCS, 2009.

ROSA, D. B.; SOUZA, R. R.; NASCIMENTO, L. A.; TOLEDO, L. G.; TOPANOTTI, D. Q.; NASCIMENTO, J. A. A distribuição espacial das chuvas na porção centro-oeste do Estado de Mato Grosso - Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas, v. 1 n. 5, p. 127-152, 2007.

SAMAIN, O.; KERGOAT, L.; HIERNAUX, P., GUICHARD, F.; MOUGIN, E.; TIMOUK, F.; LAVENU, F., et al. (2008). **Analysis of the in situ and MODIS albedo variability at multiple timescales in the Sahel.** *Journal of Geophysical Research*, 113, D14119.

SANTOS J.C, LEAL I.R, ALMEIDA-CORTEZ J.S., FERNANDES GW AND TABARELLI M. **Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest.** *Tropical Conservation Science*, 2011, v.4, n.3, p.276-286.

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; PALACIO, H. A. Q. ; ARAÚJO NETO, J.R; RIBEIRO FILHO, J. C. **Bacia Experimental de Iguatu: avaliação hidrossedimentológica de eventos extremos.** In: XI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE

SEDIMENTOS, 2014, João Pessoa. Anais do XI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 2014

SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; ARAÚJO NETO, J.R ; PALÁCIO, H. A. Q.; RODRIGUES, J.O. **efeito da umidade antecedente do solo sobre o início do escoamento superficial para as diferentes escalas espaciais**. In: XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2013, Fortaleza. Anais XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza: SBEA, 2013.

SANTOS, J. C. N.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SANTOS, J.C.N.; ALCÂNTARA, H.M.; SANTOS, A. F.; LIMA, C.A. **Geração de escoamento em microbacias no semiárido paraibano – Brasil** In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal-RN

SAUCHYN, D.J., 2010. **Prairie climate trends and variability**. In: Sauchyn, D.J., Diaz, H., Kulshreshtha, S. (Eds.), *The New Normal: The Canadian Prairies in a Changing Climate*. CPRC Press, Regina, SK (Chapter 3).

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; OLIVEIRA, R. B.; SOUZA, G. S.; SILVA, M. A. Análise espacial da erosão hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob cultivo de café conilon. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, 2000.

STOW, D.A., HOPE, A., MCGUIRE, D., VERBYLA, D., GAMON, J., HUENNRICH, F., HOUSTON, S., et al., 2004. **Remote sensing of vegetation and land-cover change in arctic tundra ecosystems**. *Remote Sens. Environ.* 89, 281e308.

SUDEC. **Levantamento de reconhecimento semidetalhado dos solos da Região dos Inhamuns - Salgado**. Parte I - Iguatu, Fortaleza, 1980, 192 p.

TORRES, I. B. T.; AMATYA, D. M.; SUN, G.; CALLAHAN, T. J. **Seasonal rainfall-runoff relationships in a lowland forested watershed in the southeastern USA**. *Hydrological Process*, 25, 2032–2045, 2011.

TUCCI, C. E. M., CLARK, R. B., Impacto Das Mudanças Da Cobertura Vegetal No Escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 2 n.1 Jan/Jun 1997, 135-152

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semiárido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V. 8, p.7-17, 2006.

VILLELA, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p.

WAINWRIGHT, J., PARSONS, A. J., ABRAHAMS, A. D. **Plot-scale studies of vegetation, overland flow and erosion interactions: case studies from Arizona and New Mexico**. *Hydrological Processes*, v. 14, p. 2921–2943, 2000.

ZHANG, G.; LONG, W. **A key review on emergy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future**. *Energy Policy*, v. 38, p. 2948-2955, 2008.