



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I- CAMPINA GRANDE  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA**

**JADSON DOS SANTOS MACIEL**

**POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
TAPEROÁ-PB.**

**CAMPINA GRANDE - PB  
2014**

**JADSON DOS SANTOS MACIEL**

**POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
TAPEROÁ- PB.**

Trabalho de conclusão de curso -Monografia -  
apresentado ao Curso de Licenciatura Plena  
em Geografia da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito às exigências para  
obtenção do Grau de licenciatura Plena em  
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Albuquerque  
Xavier

**CAMPINA GRANDE - PB  
2014**

M152p Maciel, Jadson dos Santos

Potencial erosivo das chuvas na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá-PB [manuscrito] / Jadson dos Santos Maciel. - 2014. 52 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier, Departamento de Geografia".

1. Erosividade das Chuvas 2. Bacia Hidrográfica 3. Região Semiárida I. Título.

21. ed. CDD 551.305

---

JADSON DOS SANTOS MACIEL

POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
TAPEROÁ- PB.

Trabalho de conclusão de curso -Monografia -  
apresentado ao Curso de Licenciatura Plena  
em Geografia da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito às exigências para  
obtenção do Grau de licenciatura Plena em  
Geografia.

Aprovada em: 02/12/2014.

BANCA EXAMINADORA



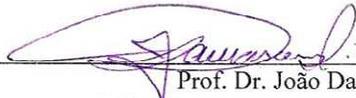
---

Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



---

Prof. Dr. João Damasceno  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A meu avô Francisco Clemente dos Santos (In  
Memorian). DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem sua ajuda um simples passo na Terra seria impossível, e por me confortar quando as barreiras pareciam intransponíveis;

A minha querida mãe Selma Gomes, a meu pai Josenilson Maciel e aos meus irmãos Jean e Maria Juliany Maciel, por sempre me apoiar em minhas escolhas de vida;

Aos meus avós Luzinete Gomes e Francisco Clemente pela maneira de como sempre me trataram e me apoiaram;

Aos grandes colegas de turma conseguidos durante a graduação em especial a Carlos Roberto, Clícia Daniele, Daniela Oliveira, Danilo Aguiar, José Nivaldo, Kalina Fernanda, Larissa Barros, Luciana Teófilo e Luzia Martins;

Ao grande amigo José Cícero do Bú, pelos anos de iniciação científica, pesquisas e pela grande amizade;

Aos velhos amigos de CMJ, Ana Carla; Julianna Souto; Ketolly Natanne; Monalisa Geovana e especialmente a Vivian Kelly, que mesmo nos pequenos momentos de conversa que tínhamos na UEPB, ou rumo a ela, me apoiaram e/ou me propiciaram momentos de descontração;

As novas grandes amigas que infelizmente só tive o prazer de conhecer melhor no final do curso, Dione Oliveira; Jéssica Santos; Poliana Araújo e especialmente Aline Tenório (Line)

A todos os alunos do curso de geografia da qual tive a honra e o prazer de ser monitor durante o componente curricular Climatologia;

A todos os professores do DG e funcionários da UEPB que tanto me ajudaram na obtenção de novos conhecimentos e que me atenderam tão bem nesses últimos anos, especialmente a Antônio Albuquerque, Marília Quirino, Daniel Campos, Ozéas Jordão, Margarida Guimarães e João Damasceno;

E por último, a dois professores que são responsáveis pelo o que sou hoje, pelas incessantes ajudas na pesquisa e que me despertaram os conhecimentos geográficos que levo comigo, muito obrigado Prof. HERMES ALVES DE ALMEIDA pelos anos de monitoria e de amizade; e Prof. RAFAEL ALBUQUERQUE XAVIER por suas orientações no PIBIC e no TCC e pelo companheirismo, Nunca serei capaz de agradecer suficientemente o bem que ambos me propiciaram.

“Faça as coisas o mais simples que você puder, porém, não as mais simples”.

*Albert Einstein*

## **Resumo**

A precipitação pluvial por meio da erosividade das chuvas é o elemento natural que mais participa de forma ativa na erosão dos solos, pois a chuva é o principal fator que ocasiona a modelagem da paisagem e deve ser estudada para se obter informações sobre a intensificação do processo de erosão. De modo geral, se todos os outros fatores se mantiverem constantes a única variável nas escalas temporal e espacial são as chuvas tornando a perda de solo proporcional a erosividade das chuvas. Diante disto houve a necessidade de avaliar o potencial da erosividade das chuvas na sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá (SBHRT), descrevendo-a espacial e temporalmente, sendo este o objetivo principal deste trabalho. Foram utilizados dados de precipitação de 22 postos, sendo 14 no interior e 8 fora da respectiva sub-bacia. Os dados foram acessados no site do DCA/UFCG e a partir deles foi determinado o fator erosividade. Por meio de ferramentas de geoprocessamento foram criados mapas que mostraram a variabilidade espacial e temporal das chuvas e de sua erosividade. Todas as análises foram trabalhadas, através do software Qgis 2.2, e através de técnicas de interpolação foram gerados mapas que demonstrassem o potencial erosivo da bacia. Os resultados obtidos apontam que a SBHRT apresenta uma distribuição sazonal irregular da erosividade das chuvas com valores máximos em março e abril; de modo geral a sub-bacia apresenta potencial erosivo alto e médio e, conseqüentemente, elevado potencial para as perdas de solo por erosão hídrica, principalmente no setor oeste onde o potencial erosivo é considerado muito alto e alto.

Palavras-chave: erosividade. Bacias hidrográficas. Região semiárida.

## **Abstract**

The rainfall by erosivity is the natural element that participates more actively in soil erosion, because the rain is the main factor that causes the landscape modeling and should be studied to obtain information about the intensification of the process erosion. In general, if all other factors are held constant the only variable in time and space scales are the rains making the loss of proportional soil erosivity. In view of this it was necessary to evaluate the potential of rainfall erosivity in the Taperoá River Basin, describing it in space and time, which is the main objective of this work. Therefore, 22 posts precipitation data were used, 14 inside and 8 outside of the respective sub-basin. The data were accessed on the DCA / UFCG website and from them we determined the erosivity factor. Through geoprocessing tools were created maps showing the spatial and temporal variability of rainfall and its erosivity. All analyzes were worked through Qgis 2.2 software, and through interpolation techniques were generated maps that show the erosive potential of the basin. The results show that the in Taperoá River Basin an irregular seasonal distribution of rainfall erosivity with a peak in march and april; generally the sub-basin has a high and medium erosive potential and consequently high potential for soil loss by erosion, especially in the western sector where the erosive potential is considered very high and high.

Keywords: Erosivity, Watershed, Semiarid region

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Mapa de localização da Bacia do Rio Taperoá.....	21
<b>Figura 2:</b> Mapa de localização de todas as estações pluviométricas utilizadas.....	25
<b>Figura 3:</b> Regime pluvial médio mensal para a bacia do Taperoá.....	28
<b>Figura 4:</b> Valores Médios de Precipitação para a estação chuvosa.....	29
<b>Figura 5:</b> Distribuição pluvial anual para algumas localidades.....	30
<b>Figura 6:</b> Duração do período “seco”.....	31
<b>Figura 7:</b> variabilidade espacial dos totais anuais médios das chuvas na SBHRT.....	32
<b>Figura 8:</b> Mapa hipsométrico da SBHRT.....	33
<b>Figura 9:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de janeiro.....	35
<b>Figura 10:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de fevereiro.....	35
<b>Figura 11:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de março.....	36
<b>Figura 12:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de abril .....	36
<b>Figura 13:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de maio.....	37
<b>Figura 14:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de junho.....	38
<b>Figura 15:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de julho.....	38
<b>Figura 16:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de agosto.....	39
<b>Figura 17:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de setembro.....	40
<b>Figura 18:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de outubro.....	41
<b>Figura 19:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de novembro.....	41
<b>Figura 20:</b> Precipitação pluvial na bacia para o mês de dezembro.....	41
<b>Figura 21:</b> Gráfico da média mensal de Erosividade das chuvas na SBHRT.....	43
<b>Figura 22:</b> Fator R para algumas localidades na SBHRT.....	44
<b>Figura 23:</b> Mapa de erosividade da Bacia do Taperoá.....	45
<b>Figura 24:</b> Mapa de classes de potencial erosivo para a SBHRT.....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Municípios da bacia do rio Taperoá com suas respectivas áreas.....	22
<b>Tabela 2:</b> Médias pluviiais mensais (mm).....	23
<b>Tabela 3:</b> Dados pluviiais médios (mm) das estações adicionais.....	24
<b>Tabela 4:</b> Estações pluviométricas com valores de EI e o Fator R.....	46
<b>Tabela 5:</b> classes de erosividade universal.....	47
<b>Tabela 6:</b> Classe de erosividade para as 14 estações no interior da SBHRT.....	48
<b>Tabela 7:</b> Intervalos de fator R para a SBHRT com as respectivas classes de erosividade.....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão De Águas do Estado da Paraíba

SBHRT - Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá

DCA/UFPG – Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande

EI- índice de erosividade (MJ.mm/ha)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUPS - Equação Universal de Perda De Solo

IDW – Inverso da Potência da Distância

INPE - Instituto de Pesquisas Espaciais

R – erosividade das chuvas (MJ.mm / ha.ano)

SIG – Sistema de Informação Geográfica

UEPB - Universidade Estadual da Paraíba

VCAS – Vórtices Ciclônicos de Ar Superior

ZCIT - Zona De Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
2	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1	BACIA HIDROGRÁFICA .....	15
2.2	EROSÃO .....	15
2.2.1	<i>Erosividade da chuva</i> .....	17
2.3	INDUTORES DE CHUVA NO NORDESTE SETENTRIONAL BRASILEIRO..	17
2.3.1	<i>Zona De Convergência Intertropical (ZCIT)</i> .....	17
2.3.2	<i>Vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS)</i> .....	18
2.3.3	<i>Ondas de leste</i> .....	18
2.4	PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO NORDESTE SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	19
2.5	A UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISES ESPACIAIS	20
3	<b>MATERIAL E MÉTODO</b> .....	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	21
3.2	CARACTERIZAÇÃO PLUVIAL DA BACIA DO RIO TAPEROÁ.....	23
3.3	DETERMINAÇÃO DO FATOR EROSIVIDADE DAS CHUVAS (R) .....	24
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
4.1	CARACTERIZAÇÃO PLUVIAL DA SBHRT.....	29
4.2	EROSIVIDADE DAS CHUVAS .....	42
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	51
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos erosivos são fenômenos que ocorrem naturalmente na superfície terrestre. Os diversos elementos naturais interagem entre si a fim de intensificar ou amenizar significativamente a intensidade e a propagação da ocorrência da erosão dos solos. Por esse, entre outros motivos, o estudo individual de cada fator natural responsável pela erosão é altamente necessário.

Para bacias hidrográficas foram postulados diversos indicadores de erosão e perda de solo, dentre os quais o mais conhecido e utilizado é a equação universal de perda de solos (EUPS), desenvolvido por Wischmeier & Smith em 1978, que estimam a perda de solo e também permitem a simulação de cenários que indicam a capacidade de uso de cada setor de uma bacia hidrográfica.

A EUPS é determinada a partir da integração de fatores naturais dentre eles a erosividade das chuvas (R), a erodibilidade dos solos (K), fator comprimento da rampa e a declividade (LS) e antrópicos como o uso e manejo do solo (C) e as práticas conservacionistas (P).

Dentre estes elementos naturais, a precipitação pluvial por meio da erosividade das chuvas, é o que mais participa de forma ativa na erosão dos solos, pois a chuva é o principal fator que ocasiona a modelagem da paisagem e devem ser estudada para se obter informações sobre a intensificação do processo de erosão, pois, de modo geral, se todos os outros fatores se mantiverem constantes o único fator altamente variável nas escalas temporal e espacial são as chuvas tornando a perda de solo proporcional a erosividade das chuvas.

No presente trabalho a área de estudo é a sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá (SBHRT), uma importante bacia no estado da Paraíba por conta de sua posição estratégica no mesmo.

A sub-bacia do Rio Taperoá, com uma área de cerca 5900,00 km<sup>2</sup> está situada em uma região considerada mais seca do Brasil, regionalmente conhecida como Cariri Paraibano, apresentando pluviosidade anual entre 400 e 600 mm. Devido à escassez hídrica e a existência de solos incipientes, a bacia apresenta baixa densidade populacional, tendo na pecuária extensiva a principal atividade econômica da região.

O Rio Taperoá, principal afluente da bacia do Rio Paraíba, é considerado um dos mais importantes e de posição estratégica para a gestão dos recursos hídricos no Estado da Paraíba. Exatamente na confluência entre o Rio Taperoá e o Rio Paraíba foi construído uma grande barragem formando o Açude Epitácio Pessoa, ou simplesmente Açude Boqueirão, devido a sua localização no município de mesmo nome. Este açude é responsável pelo abastecimento

da maior região metropolitana do interior do Nordeste, a região de Campina Grande com quase 600 mil habitantes.

Pelo exposto, o presente trabalho tem objetivo geral avaliar a potencialidade da erosividade das chuvas na SBHRT, descrevendo-a espacial e temporalmente. Como objetivos específicos, pretende-se:

- Estabelecer o regime pluvial da SBHRT;
- Elabora mapas mensais de precipitação pluvial na bacia;
- Elabora mapas de potencial e classes erosivas;

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica é uma unidade essencial para a geomorfologia. Os estudos relacionados às drenagens fluviais e análise da rede hidrográfica podem levar a compreensão de inúmeras questões geomorfológicas. Segundo Coelho Netto (1998), a quantificação e localização do fluxo d'água nas encostas são de fundamental importância para a compreensão dos processos geomorfológicos que modelam o relevo.

De acordo com Christofolletti (1980) a bacia de drenagem ou bacia hidrográfica é definida como sendo a área drenada por um determinado rio ou sistema fluvial, completando a definição de Christofolletti, Coelho Netto (1994, p.97) cita que a bacia de drenagem é um sistema hidrogeomorfológico que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto comum de um canal fluvial.

Segundo Souza e Fernandes (2000) o comportamento de uma determinada bacia hidrográfica está intrinsicamente ligado as suas características geomorfológicas: forma, área, solo, geologia, clima, rede de drenagem, cobertura vegetal, dentre outros parâmetros, logo, para uma caracterização de uma bacia hidrográfica é importantíssimo o conhecimento destas variáveis isoladamente a fim de descrever melhor quantitativamente e qualitativamente a bacia hidrográfica.

Por esse entre outros motivos o entendimento das características hidrológicas é de suma importância para gestão e conscientização do uso de águas em qualquer área, logo, entender o funcionamento hidrológico de uma bacia se faz necessário tendo em vista que é na bacia hidrográfica que se materializam todos os componentes do ciclo hidrológico.

### 2.2 EROSIÃO

A erosão é um processo que ocorre, na desagregação das partículas e agregados do solo, no transporte destes agregados e como final do processo tem-se a deposição destes agregados. Ele inicia-se quando as forças que removem e transportam materiais são mais fortes do que a força que o solo tem de conseguir manter estes agregados juntos (GUERRA, 1998).

A erosão também pode ser entendida como a interação de diversos agentes naturais tais como a água, gelo, neve, vento, plantas, animais e as ações antrópicas, na natureza esta interação ocorre de diferentes maneiras ocorrendo diferentes combinações destes elementos raramente ocorrendo erosão com a ação de apenas um destes elementos (BORGES, 2009).

Para Bertoni & Lombardi Neto (1990) o processo erosivo consiste no desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. Para os mesmos, o processo erosivo é um processo de trabalho físico onde o consumo de energia é usado em todas as fases da erosão (rompimento dos agregados, salpicamento das gotas de chuva, turbulência da enxurrada e no escoamento e transporte dos agregados desprendidos do solo).

De acordo com Guerra (op.cit.), o ciclo hidrológico é o ponto de partida do processo erosivo, logo, todos os processos erosivos tendem a se iniciar com o impacto das gotas de chuva no solo desprotegido, causando a erosão por salpicamento (*splash*), este processo causa, principalmente, a desagregação das partículas do solo e as “prepara” para um eventual transporte caso a chuva perdure.

Outra característica do salpicamento é a selagem (criação de crostas) do solo, este processo impede que a água infiltre através dos poros do solo, com a continuidade do evento de chuva o solo a partir de certo tempo não consegue mais absorver a água, assim gerando o escoamento superficial.

Com o início do escoamento superficial, a erosão passa a ocorrer em “lençol” de forma laminar, dispersando-se sem que haja a concentração em canais, fazendo com que a erosão seja semi-homogênea, devido a características do microrelevo, geológicas e da vegetação o escoamento superficial acaba que por se concentrar em canais, conhecidos como ravinas, estas ravinas podem ter características efêmeras sendo criadas a cada evento de chuva em que sejam influenciadas por ravinas pré-existentes no terreno, no entanto, quando as ravinas são anualmente aumentadas em um mesmo canal e acabam por chegar ao lençol freático elas tornam-se voçorocas (GUERRA, op.cit.).

As voçorocas são características erosivas relativamente permanentes, possuindo paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato. Elas estão associadas com processos de erosão acelerada e dessa forma com a instabilidade da paisagem, são elementos naturais causando a expansão da rede hidrográfica de uma região, mas que popularmente são vistas como algo danoso.

O fim do processo erosivo ocorre quando as partículas desagregadas do solo de certa área são depositadas, preferencialmente em áreas mais baixas, aumentando, de modo geral, a fertilidade desta área.

### 2.2.1 Erosividade da chuva

A definição de erosividade da chuva é de forma simples enunciada por Hudson (1961, apud GUERRA, 1998) onde erosividade é a habilidade da chuva em causar erosão. Segundo Pereira (2000) com o início da precipitação pluvial, parte do volume precipitado é de alguma forma interceptado pela vegetação ou estruturas da superfície enquanto parte atinge diretamente o solo, umedecendo os agregados e reduzindo sua coesão, dependendo da duração da chuva os agregados se desintegram e se desprendem, sendo posteriormente arrastados pelo escoamento superficial.

A precipitação pluvial é o fator mais importante na erosão dos solos e a intensidade é uma de suas características mais atuantes. O volume precipitado e a velocidade das gotas estão diretamente ligados à intensidade e duração das chuvas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Ainda como parâmetros importantes para o entendimento da erosividade Guerra (1998) inclui o momento e a energia cinética.

A intensidade é importante para prever as perdas de solo pelo fato de que quanto maior for a intensidade e duração do evento de chuva maior será o escoamento superficial. A frequência tem sua importância, pois um intervalo menor entre os eventos de chuva aumenta a umidade do solo, portanto ela perde a capacidade de infiltração e armazenamento de água, que começa a escoar.

## 2.3 INDUTORES DE CHUVA NO NORDESTE SETENTRIONAL BRASILEIRO.

### 2.3.1 Zona De Convergência Intertropical (ZCIT)

Na literatura podem ser encontradas diferentes nomenclaturas para este mesmo fenômeno sendo que os mais comuns são: equador meteorológico (EM), descontinuidade Tropical (DI), zona intertropical de convergência (ZIC) e frente tropical (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Os ventos oriundos de ambos os hemisférios encontram-se na região tropical (baixas latitudes), com essa convergência várias nuvens convectivas se desenvolvem, e o resultado é uma banda de nebulosidade sobre a área tropical, a ZCIT possui grande variabilidade espacial e temporal atuando de forma diferente quanto a sua posição e intensidade.

A ZCIT tende a permanecer no hemisfério onde há maior disponibilidade de energia, ou seja, o hemisfério de verão. (FERREIRA, 2006), todavia, pelo fato da área continental do hemisfério norte ser maior que a do hemisfério ele tende a ficar mais aquecido durante um maior período do ano fazendo com que a ZCIT permaneça sempre mais ao norte (NIMER, 1979a).

Segundo Mendonça & Danni-Oliveira (2007) a oscilação anual da ZCIT ocorre no sentido norte-sul, tendo maior variação sobre o continente asiático e na Austrália, onde oscila entre 20° S e 30°N. na parte central e leste do oceano pacífico, a ZCIT fica próxima ao equador geográfico e sobre o atlântico entre 8° N e S.

A ZCIT é o principal indutor de chuvas no nordeste setentrional brasileiro, segundo Araújo (2006), ele age principalmente nos estados do Ceará, no oeste do Rio Grande do Norte e no interior da Paraíba e Pernambuco, atuando, principalmente, nos meses de fevereiro a maio.

Os anos mais secos nestas regiões coincidem com a permanência/ou retorno da ZCIT em sua posição mais ao norte enquanto que em anos considerados chuvosos no NE brasileiro coincidem com sua permanência mais ao sul (NIMER, 1979).

### *2.3.2 Vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS)*

Segundo Varejão-Silva (2005), os VCAS são circulações ciclônicas fechadas, cujo núcleo é mais frio que sua periferia. Na vertical o eixo do vórtice normalmente se inclina em direção ao ar mais frio, seu tempo de atuação pode ser relativamente curto ou persistir por vários dias consecutivos ou até semanas, eles mantêm-se de forma quase estacionada ou podem se mover de forma rápida e irregularmente.

São sistemas que atuam, no NE setentrional brasileiro, principalmente, nos meses de novembro a fevereiro, com máxima atuação em janeiro, produzindo tanto chuva quanto estiagem. As chuvas ocorrem nas bandas de nebulosidade que residem na sua periferia, enquanto que no seu centro, o movimento subsidente inibe a formação de nuvens (ARAÚJO, 2006). As áreas que estiverem sob a periferia dos VCAS recebem maior pluviosidade enquanto que as áreas que estiverem sob o seu centro permanecem sem nuvens e conseqüentemente sem precipitação.

### *2.3.3 Ondas de leste*

As ondas de leste ou distúrbios de leste são sistemas que atuam desde o norte do Rio Grande do Norte até a Bahia, no período de maio a agosto. Seu sentido é Leste-Oeste, formando-se nos oceanos em direção ao continente.

São comuns nas maiorias dos anos, no entanto, sua intensidade depende da temperatura da superfície do mar, do cisalhamento do vento e dos efeitos da orografia e da circulação de brisa marítima e terrestre, de forma a dissipar ou intensificar esse sistema (ARAÚJO, op.cit.).

Segundo Ayoade (1996) esse sistema é importante principalmente por poder ocasionar precipitação em áreas que são geralmente secas durante o período que os ventos alísios permanecem não perturbados.

#### 2.4 PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO NORDESTE SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Segundo Ayoade (1996), o termo precipitação é utilizado para qualquer deposição em forma líquida ou sólida e derivada da atmosfera, referindo-se a chuva, neve, granizo, orvalho, geada e nevoeiro, no entanto para áreas tropicais precipitação e precipitação pluvial são termos quase que sinônimos tendo em vista que, para estas áreas o total de neve e granizo precipitados é inexistente, exceto em montanhas com grandes altitudes.

Segundo Tubelis & Nascimento (1980), a chuva é um elemento climático principal para a determinação climática de uma região, com isso, o nordeste semiárido brasileiro tem um regime pluvial bastante característico principalmente pela sua má distribuição temporal e espacial, esta característica lhe é dada por conta de estar dependente de sistemas atmosféricos bastante variáveis nestas duas escalas, na qual um ano considerado “seco” e um muito chuvoso são diferenciáveis apenas pela forma e intensidade de ação dos indutores de chuva que agem sobre o semiárido brasileiro (NIMER, 1979a).

Ainda segundo Nimer (op.cit.), “em nenhuma outra região do Brasil o regime anual de chuva é tão concentrado quanto na região semiárida do nordeste”, esta afirmação evidencia a má distribuição temporal das chuvas nesta região, é comum áreas onde em um período de 2-3 meses chover percentuais maiores de 70% do esperado para o ano enquanto nos outros meses do ano podem ser encontrados valores nulos de precipitação.

Do mesmo modo, as chuvas no semiárido possuem distribuição espacial bastante irregular, enquanto que em algumas áreas são registradas chuvas com grandes intensidades em áreas circunvizinhas não são registrados nenhuma chuva (ALMEIDA et. al 2010).

## 2.5 A UTILIZAÇÃO DO GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISES ESPACIAIS

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), geoprocessamento é:

O conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de Sistema de Informação geográfica (SIG). Sistema de geoprocessamento é o destinado ao processamento de dados referenciado geograficamente (ou georeferenciados), desde a sua coleta até a geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, etc.; devendo prever recursos para sua estocagem manipulação e análise (INPE, 2014, p.1).

Com os avanços das novas tecnologias, e principalmente após as imagens de satélite, as ciências atmosféricas e as geociências tornaram-se cada vez mais avançadas possibilitando maiores facilidades na coleta, manuseio e manipulação de dados e imagens, com isso novos softwares foram criados e/ou aperfeiçoados para tais práticas.

A utilização do geoprocessamento, então, tornou-se ferramenta indispensável para o melhor entendimento espacial, seja ele utilizado a fim de se estudar um elemento específico do meio, seja ao estudo da integração de vários elementos naturais a fim de promover análises mais amplas.

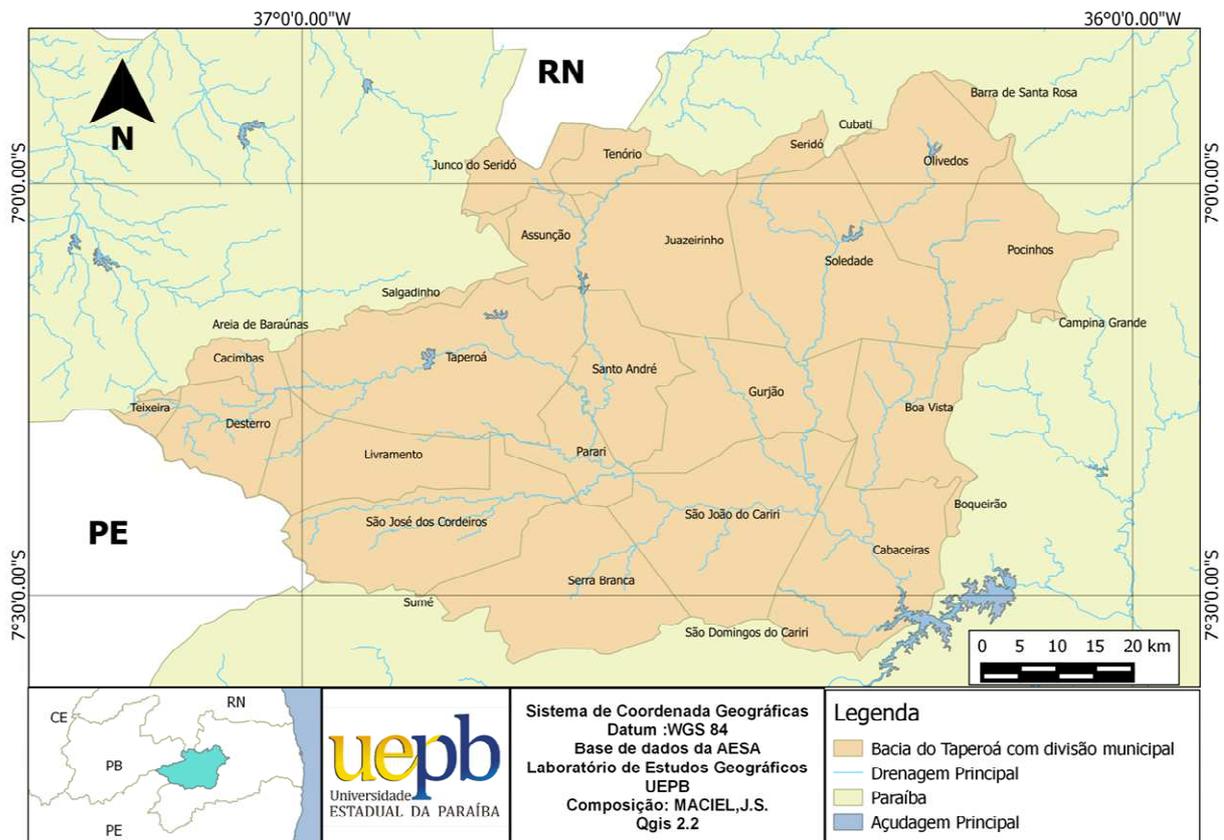
No entanto, a geografia ainda se encontra em um processo de reformulação e assimilação destas novas tecnologias fazendo com que as habilidades em geoprocessamento e sensoriamento remoto tornam-se um diferencial na profissão, com isso é cada vez mais importante à disseminação de técnicas que possibilitem a pesquisa.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia hidrográfica do Rio Taperoá (SBHRT) está situada na parte central do Estado da Paraíba, localizando-se entre as coordenadas geográficas 06° 51' 31" e 07° 34' 21" de latitude Sul e 36° 00' 55" e 37° 13' 09" de longitude Oeste (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da Bacia do Rio Taperoá



Fonte: Mapa elaborado pelo Autor

A bacia possui cerca de 5.900 km<sup>2</sup> de área e drena parcial ou totalmente o território de 28 municípios (Tabela 1), e abrange sete microrregiões paraibanas (Serra do Teixeira, Cariri Ocidental, Cariri Oriental, Campina Grande, Curimataú Ocidental, Seridó Oriental Paraibano, Seridó Ocidental Paraibano). Estas microrregiões estão distribuídas em três mesorregiões (Sertão, Borborema e Agreste).

A delimitação da área da bacia foi realizada através de imagem SRTM retiradas do site da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), em ambiente SIG foram criadas linhas seguindo os divisores de água da bacia, para assim ser criado o perímetro da mesma, assim, foi poligonizado a área da bacia em formato *Shapefile*, e através da ferramenta

“Geoprocessar” >> “Cruzar” foi cruzado à área obtida da bacia com uma base de dados dos municípios do IBGE (Instituto Brasileiro de geografia e estatística) (Figura 1) para quantificar a área que cada município representa na drenagem da bacia (Tabela 1).

Tabela 1: Municípios da bacia do rio Taperoá com suas respectivas áreas

NOME	Área total (km <sup>2</sup> )	Área na bacia (km <sup>2</sup> )	% na Bacia
Assunção	126,49	118,26	2,01
Barra de Santa Rosa	825,95	24,05	0,41
Boa Vista	475,75	270,18	4,59
Boqueirão	424,60	11,32	0,19
Cabaceiras	401,38	360,70	6,12
Cacimbas	143,67	76,38	1,30
Campina Grande	621,95	1,30	0,02
Cubati	137,46	1,00	0,02
Desterro	178,31	177,16	3,01
Gurjão	342,85	342,85	5,82
Juazeirinho	468,86	395,40	6,71
Junco do Seridó	169,54	95,68	1,62
Livramento	284,59	284,21	4,83
Olivedos	319,43	312,77	5,31
Parari	128,00	128,00	2,17
Pocinhos	631,44	313,42	5,32
Salgadinho	184,42	30,05	0,51
Santo André	226,03	226,03	3,84
São Domingos do Cariri	222,43	57,78	0,98
São João do Cariri	702,66	496,85	8,44
São José dos Cordeiros	417,75	406,34	6,90
Seridó	275,26	52,58	0,89
Serra Branca	738,29	416,24	7,07
Soledade	561,20	560,94	9,52
Sumé	837,62	0,47	0,01
Taperoá	639,07	623,06	10,58
Teixeira	161,21	24,48	0,42
Tenório	105,28	82,32	1,40
Total	10.751,47	5.889,82	100,00

Fonte: IBGE & AESA

A delimitação da bacia elaborada desta maneira difere da oficial utilizada pela AESA (Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado Da Paraíba) por conta da mesma utilizar critérios diferentes de delimitação de bacias como a bacia hidrológica de açudes, ressaltando apenas que a açudagem é um “ferramenta” utilizada pelo homem como meio de convívio com a seca, portanto não deve se deve levar em consideração para a delimitação de uma bacia hidrográfica, os fatores que delimitam uma bacia hidrográfica são seus divisores de água e a confluência de rios.

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO PLUVIAL DA BACIA DO RIO TAPEROÁ

Para a caracterização pluvial da bacia foram utilizados dados médios mensais de 14 estações pluviométricas (Tabela 2), distribuídas espacialmente no interior da bacia. Para uma melhor caracterização da mesma, todos os dados possuem uma série ininterrupta de no mínimo 20 anos e foram conseguidos através do site oficial do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA-UFCG).

Tabela 2: Médias pluviiais mensais (mm)

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	T. anos
Boa Vista	26,0	35,3	82,3	69,4	58,7	53,0	46,0	19,3	5,5	6,6	4,4	9,5	20
Cabaceiras	15,4	36,6	49,3	63,0	38,9	37,4	35,4	12,2	3,4	3,0	3,1	6,9	72
Desterro	34,3	86,1	143,6	118,0	44,3	13,1	8,3	0,5	0,4	2,5	5,5	14,4	23
Gurjão	23,1	72,7	101,9	129,9	41,9	31,9	35,5	9,8	3,1	5,3	4,8	10,5	22
Juazeirinho	33,8	78,0	115,6	131,4	37,5	19,6	39,3	8,6	2,7	6,6	3,8	20,7	24
Olivedos	27,8	55,2	94,1	102,2	57,5	49,7	37,1	15,8	7,1	5,0	5,6	12,1	53
Pocinhos	20,0	35,2	64,3	68,9	51,5	51,4	48,7	18,7	9,8	5,2	3,5	8,1	63
Santo André	38,1	88,9	109,6	131,6	40,7	30,0	32,6	11,3	2,4	13,0	3,2	27,2	23
São João do Cariri	25,9	54,1	90,4	81,3	48,1	31,0	22,9	6,3	1,8	5,3	6,3	12,1	52
São J. dos Cordeiros	23,1	80,4	151,8	152,9	38,8	31,3	33,5	10,8	2,9	1,7	3,8	14,0	22
Serra Branca	32,4	80,8	118,2	136,0	39,9	29,5	24,4	10,1	5,3	4,9	5,8	30,6	21
Soledade	23,1	54,6	99,7	88,0	38,3	32,9	28,5	8,4	2,8	5,4	3,3	10,8	77
Soledade II	28,5	51,5	107,6	121,4	36,7	32,9	37,8	11,9	5,8	5,0	2,0	12,6	30
Taperoá	34,1	83,1	134,9	109,7	50,5	28,2	20,1	7,5	2,4	4,7	10,6	26,1	64

Fonte: <http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/chuvapb.htm>

Os dados mensais foram agrupados cronologicamente e a partir de medidas de tendência central e de dispersão (desvio-padrão) foram elaborados histogramas para a definição da estação chuvosa e do período mais “seco” no interior da bacia. A estação chuvosa foi considerada como o período de pelo menos três meses da qual se concentram um percentual significativo (>50%) dos totais precipitados durante o ano.

Para a criação dos mapas de distribuição espacial das chuvas foram adicionadas a esta série inicial dados de outras oito estações (Tabela 3) localizados no mesmo compartimento geomorfológico (Borborema) da bacia supracitada, mas que, no entanto não estão localizadas no interior da mesma.

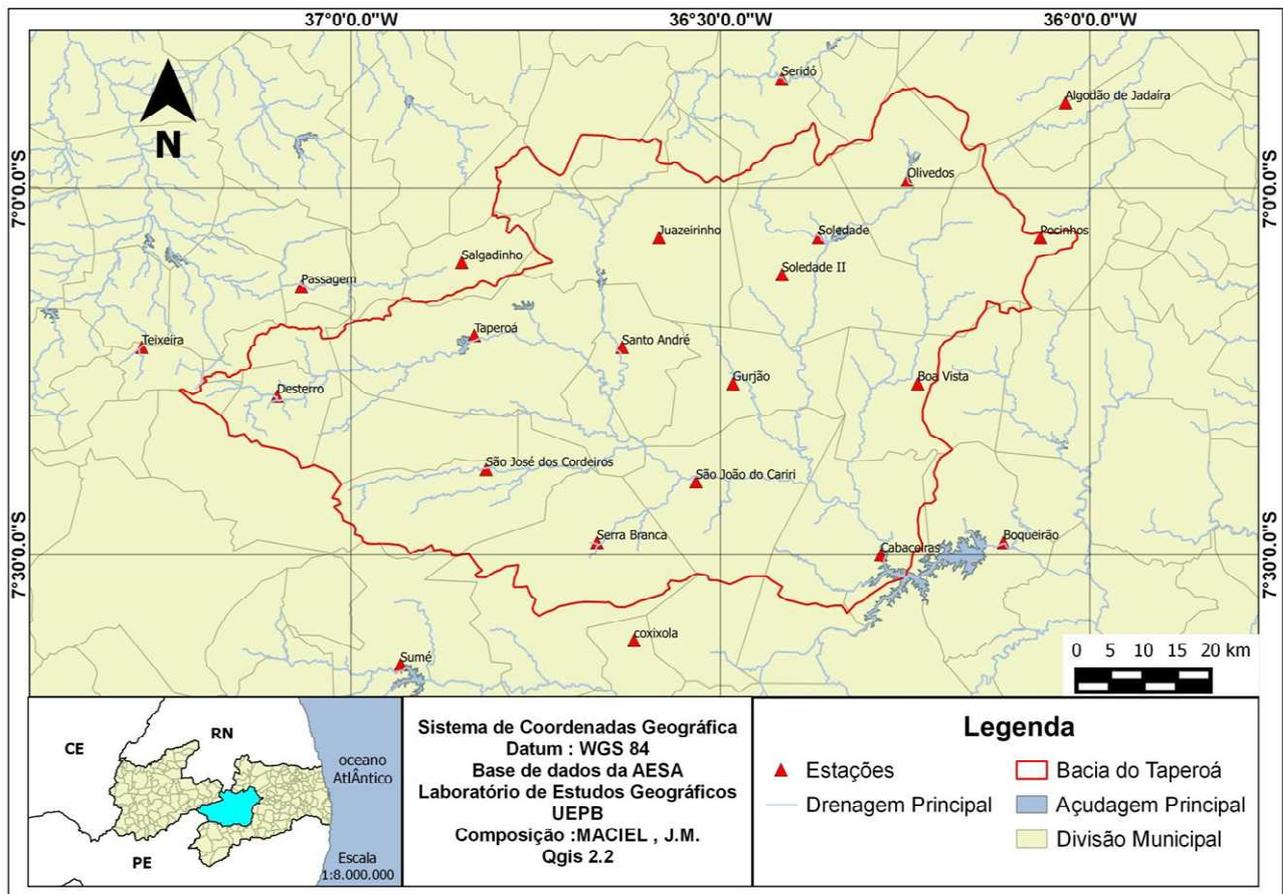
Tabela 3: Dados pluviométricos médios (mm) das estações adicionais

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	T. anos
Algodão de Jandaíra	19,6	42,7	67,9	86,6	39,5	34,6	38,6	13,7	11,6	4,8	4,2	9,3	25
Boqueirão	31,1	55,4	82,3	106,9	54,1	59,9	55,7	21,5	13,2	6,0	6,6	16,0	65
Coxixola	34,9	63,3	113,2	125,9	39,9	37,0	32,4	8,5	3,3	4,5	3,3	20,8	26
Passagem	60,6	139,5	177,6	173,6	40,6	19,8	11,7	1,9	0,7	1,1	8,1	17,7	25
Salgadinho	35,3	68,2	115,8	110,0	48,7	22,7	18,4	7,7	2,1	1,9	6,6	13,0	55
Seridó	25,0	93,9	93,1	120,0	41,5	22,8	22,1	5,1	2,4	1,5	3,9	8,4	28
Sumé	43,8	77,5	132,9	130,3	58,7	42,4	23,5	9,3	5,1	6,4	11,9	18,2	26
Teixeira	66,1	139,9	212,1	165,4	59,3	25	12,2	3,8	2,7	4,8	11,6	34,5	43

Fonte: <http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/chuvapb.htm>

Para que a variável geomorfologia não interfira na configuração espaço-temporal das precipitações no interior da bacia foram desprezados os dados advindos de estações fora do compartimento geomorfológico da Borborema.

Figura 2: Mapa de localização de todas as estações pluviométricas utilizadas



Fonte: Mapa elaborado pelo autor

A adição destes dados é importante por conta de a chuva ser um fenômeno contínuo no espaço e caso fosse realizado a interpolação somente com os dados de estações no interior da bacia, a mesma poderia ser caracterizada de modo errôneo, demonstrando uma realidade inexistente.

A partir da ferramenta “*complemento de interpolação*” do software de geoprocessamento Qgis 2.2, os dados pluviométricos mensais referentes às estações foram interpolados utilizando o método IDW (Inverso da potência da distância), com isso foi demonstrado a distribuição espaço-temporal das precipitações pluviométricas na bacia. Ainda com o mesmo software foram feitas isoietas através da ferramenta “*extração*” >> “*contorno*” para a delimitação de linhas de igual pluviosidade na bacia.

### 3.3 DETERMINAÇÃO DO FATOR EROSIVIDADE DAS CHUVAS (R)

Vários são os métodos que podem ser utilizados para estimar a erosividade da chuva; o problema é escolher o mais adequado, uma vez que cada ambiente e evento são únicos nas escalas temporal e espacial e, conseqüentemente, a erosão varia de diferentes maneiras.

Para Wishmeier e Smith (1958, apud BORGES, 2009), quando todos os fatores, com exceção da chuva, são mantidos constante, a perda de solo por qualquer unidade de área com solo exposto é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva energia cinética (E) por sua máxima intensidade em 30 minutos ( $I_{30}$ ).

Diversos autores consideram este o melhor método por conta dele ressaltar a característica erosiva da chuva em cada evento de 30 min (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990), no entanto em muitas áreas é inviável a utilização deste método por conta da insuficiência e/ou o período curto de coleta de dados oriundos de pluviógrafos, dados estes necessários para a obtenção do  $I_{30}$ . Por esse motivo diversos autores buscaram correlacionar o Fator erosividade (R) com características das chuvas de mais fácil mensuração e que não necessariamente necessitem de registro de intensidade, da qual surgiu a seguinte equação (1), proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1990), utilizada para os cálculos de erosividade deste trabalho.

$$R = \sum \left[ 67,355 \left( \frac{p^2}{P} \right)^{0,85} \right] \quad (1)$$

Sendo:

“R”: erosividade da chuva ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ),

“p”: precipitação pluvial média mensal (mm)

“P” : precipitação pluvial média anual (mm).

A utilização desse método se deu por conta de que não havia dados satisfatórios de pluviógrafos na SBHRT. Por ser um método até certo ponto simplista, por conta das variáveis que ele utiliza, o método proposto por Bertoni & Lombardi Neto é alvo de diversas críticas de alguns autores, pois segundo os mesmos ele é restrito.

No entanto, Silva e Dias (2003) ao correlacionar os dois métodos mostraram que a diferença existente é estatisticamente insignificante e que, segundo os mesmos, a escolha do método mais simplista não invalida a pesquisa e, portanto não há indícios que limitem seu uso, sobretudo em áreas semiáridas.

Os dados pluviiais utilizados nesta equação são os mesmos utilizados para a elaboração dos mapas de distribuição espacial das chuvas da bacia. Utilizando-se da mesma metodologia adotada para a elaboração dos mapas de distribuição das chuvas, foram elaborados em ambiente SIG os mapas de erosividade para delimitação das áreas mais propensas a erosividade das chuvas em condições naturais.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

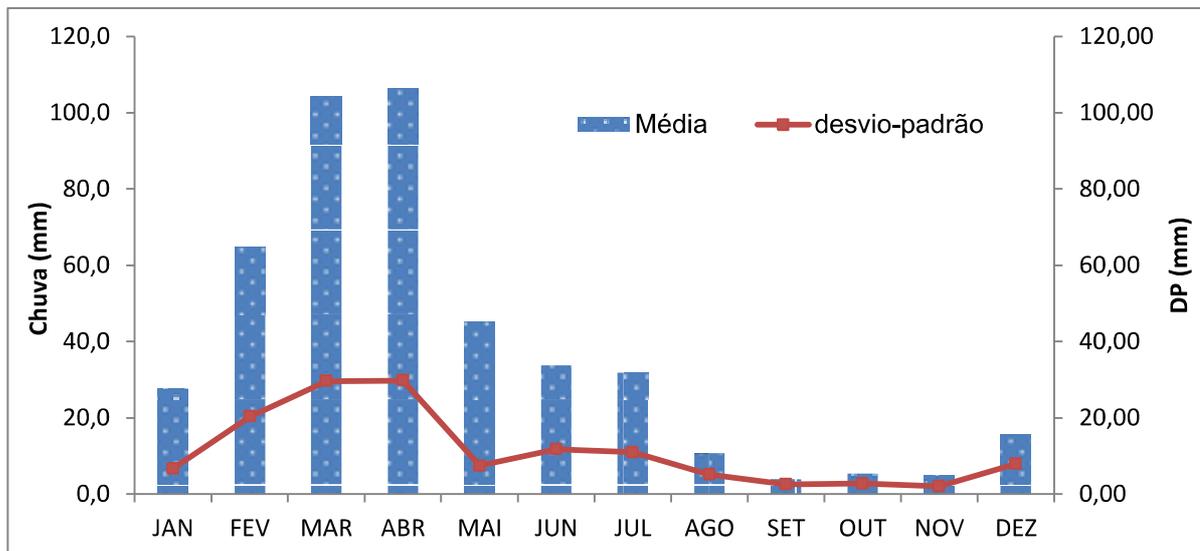
### 4.1 CARACTERIZAÇÃO PLUVIAL DA SBHRT

A Figura 3 mostra a média das médias mensais e o desvio padrão da precipitação pluvial, a partir das 14 estações encontradas no interior da bacia do rio Taperoá.

Observa-se que as chuvas estão concentradas em uma estação chuvosa de três meses (fevereiro, março e abril) que concentram mais de 60% dos totais precipitados durante o ano. De modo geral, na SBHRT, através do critério de Gausse & Bagnouls (NIMER, 1979a) todos os outros meses do ano foram considerados “secos”, pois a temperatura média da bacia está entorno dos 24°C, com valores mínimos de 21°C no período de julho/agosto e máximos de 28°C no período de novembro/dezembro.

Neste período considerado “seco” constata-se que há na bacia um período de estiagem bastante pronunciado de três meses (setembro, outubro, novembro) onde os totais precipitados não ultrapassam 10 mm /mês.

Figura 3: Regime pluvial médio mensal para a bacia do Taperoá

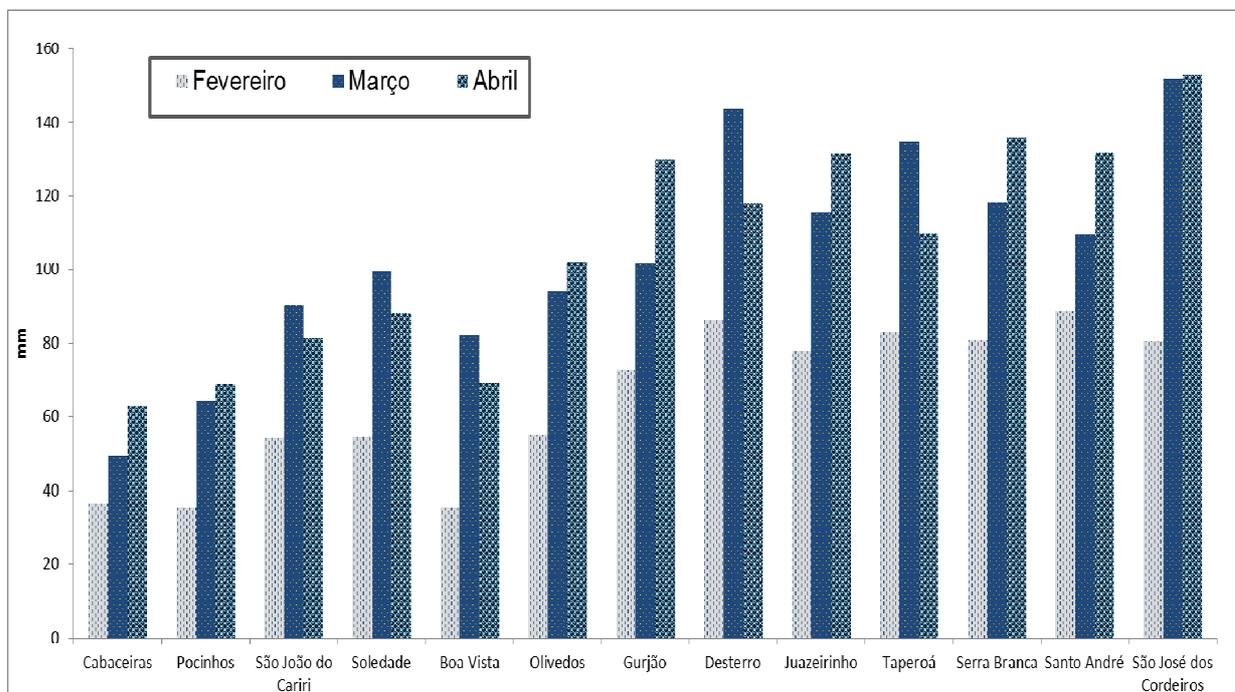


A bacia apresenta dois ciclos pluviais bastante pronunciados e que marcam as características ambientais da área. O primeiro semestre do ano apresenta maior pluviosidade, enquanto que o segundo semestre do ano os valores precipitados decaem, dando um pequeno acréscimo somente no último mês do ano, o que caracteriza o início da pré-estação chuvosa do próximo ano juntamente com o mês de janeiro subsequente.

Os maiores desvios padrões ocorrem no período chuvoso (fevereiro, março e abril), mostrando que há alta variabilidade das precipitações pluviiais até mesmo no período chuvoso. Sabe-se que historicamente a média pluviial irá oscilar naturalmente, assim, diante dos valores apresentados constata-se que mesmo no período chuvoso podem ocorrer períodos de estiagem, isso se deve a alta variabilidade dos indutores de chuvas que agem, não só na SBHRT, mas em toda a Paraíba.

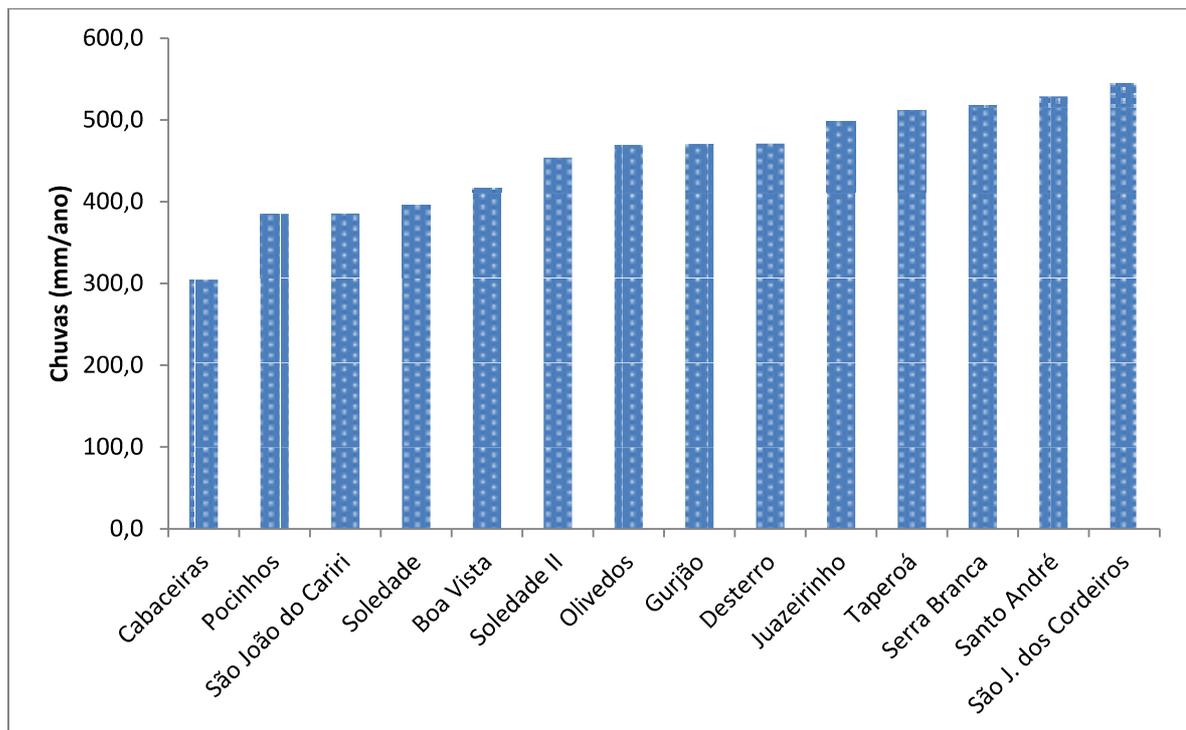
A Figura 4 mostra a alta variabilidade nos valores médios de precipitação durante a estação chuvosa para algumas localidades no interior da bacia além da alternância do mês que possui o maior valor médio de precipitação. Percebe-se que na maioria dos casos apresentados há um aumento progressivo nos totais precipitados médios mensais com a passagem dos meses, com o início da estação chuvosa no mês de fevereiro e ápice em abril, entretanto, em algumas localidades o mês onde ocorre o ápice do valor precipitado é o mês de março mostrando um aumento até a chegada do pico anual e logo após um declínio.

Figura 4: Valores Médios de Precipitação para a estação chuvosa



Na Figura 5 é possível visualizar as médias pluviométricas para algumas localidades, verifica-se que dentre as localidades apresentadas, a menos chuvosa é a de Cabaceiras (304,6 mm/ano) e a mais chuvosa a de São José dos Cordeiros (545 mm/ano), demonstrando uma amplitude total de aproximadamente 240 mm o que representa 80% do total precipitado durante todo o ano na localidade que possui os menores valores precipitados, fato este que é mais bem evidenciado na Figura 6.

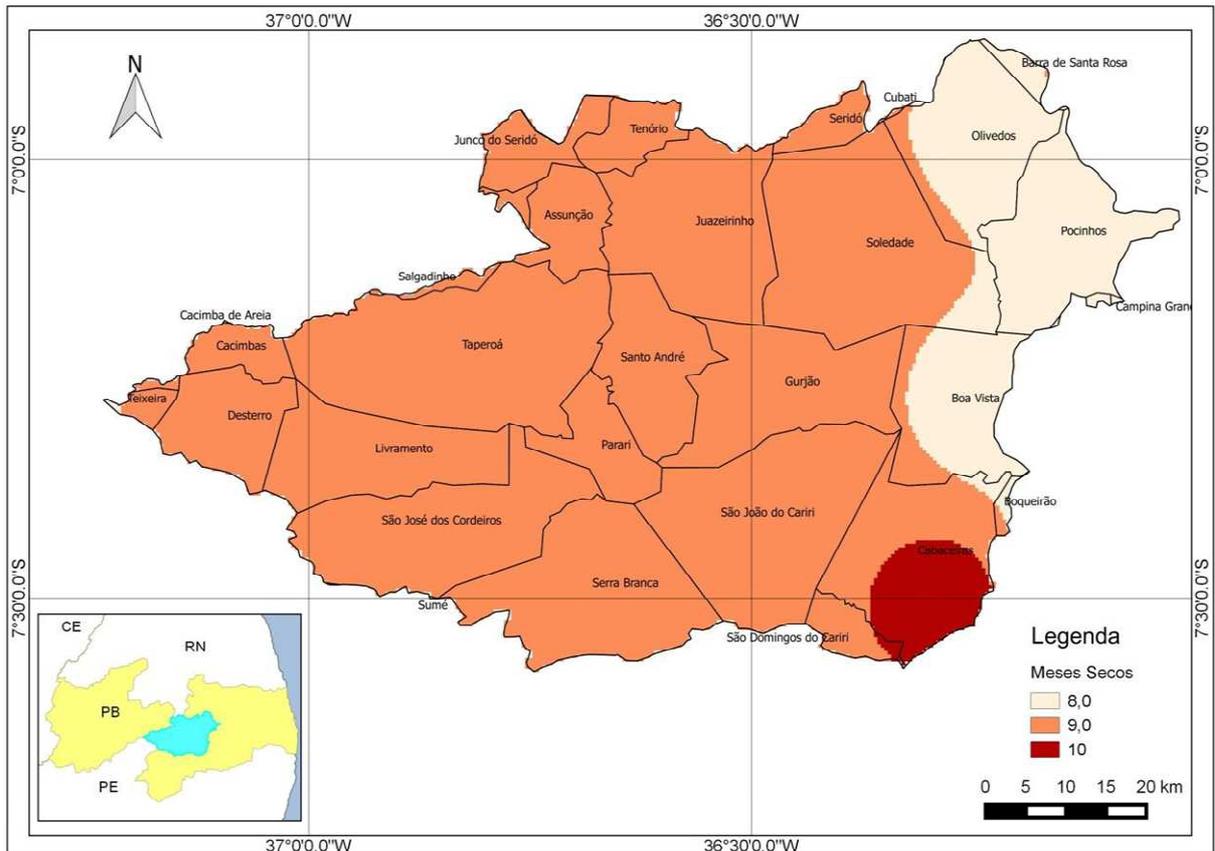
Figura 5: Distribuição pluviométrica anual para algumas localidades



Esta característica de distribuição de chuvas altamente irregular na área da bacia também pode ser percebida na variável duração do período “seco” e consequentemente da estação chuvosa do ano para cada área da bacia.

A partir da Figura 5 podemos perceber que o município de Cabaceiras é o município que, segundo o critério de Gausson & Bagnouls, apresenta o maior número de meses considerados “secos”, chegando a 10 meses e consequentemente uma estação chuvosa de apenas 2 meses. Do mesmo modo os municípios de Pocinhos, Boa Vista e Olivedos apresentam o menor número de meses considerados “secos”, com 7 meses cada, e consequentemente possuindo a maior estação chuvosa da bacia perfazendo 5 meses.

Figura 6: Duração do período “seco”

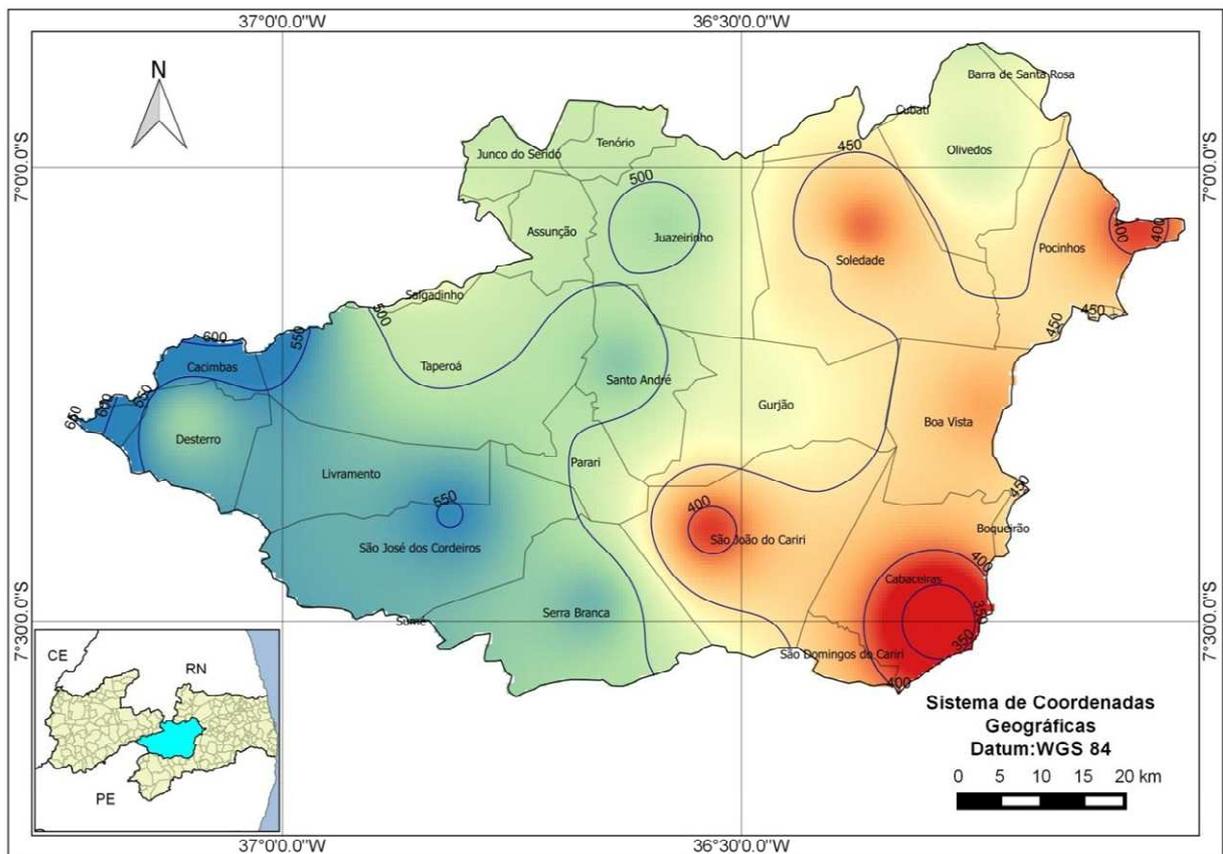


Fonte: Mapa elaborado pelo autor

Segundo Araújo (2006) essa característica de variabilidade espacial e temporal se deve aos sistemas de circulação atmosféricos que se alterna formando ora áreas/épocas com precipitações elevadas ora áreas/épocas com estiagem, pois os próprios mecanismos formadores de chuvas em toda a área são irregulares tanto na sua participação espacial quanto em uma escala temporal o que gera esta variabilidade característica não só na bacia do rio Taperoá, mas em todo nordeste Brasileiro.

A partir do mapa com os valores médios interpolados, elaborado com o auxílio de estações circunvizinhas, mostrada na Figura 6, percebe-se ainda que ha uma maior amplitude nos valores precipitados no interior da bacia, enquanto que as proximidades do município de Cabaceiras, Pocinhos e São João do Cariri os totais anuais são inferiores aos 400 mm e na área correspondente aos municípios de Teixeira e Cacimbas os totais anuais são superiores a 600 mm, com o extremo oeste da bacia com totais próximos aos 650 mm.

Figura 7: variabilidade espacial dos totais anuais médios das chuvas na SBHRT



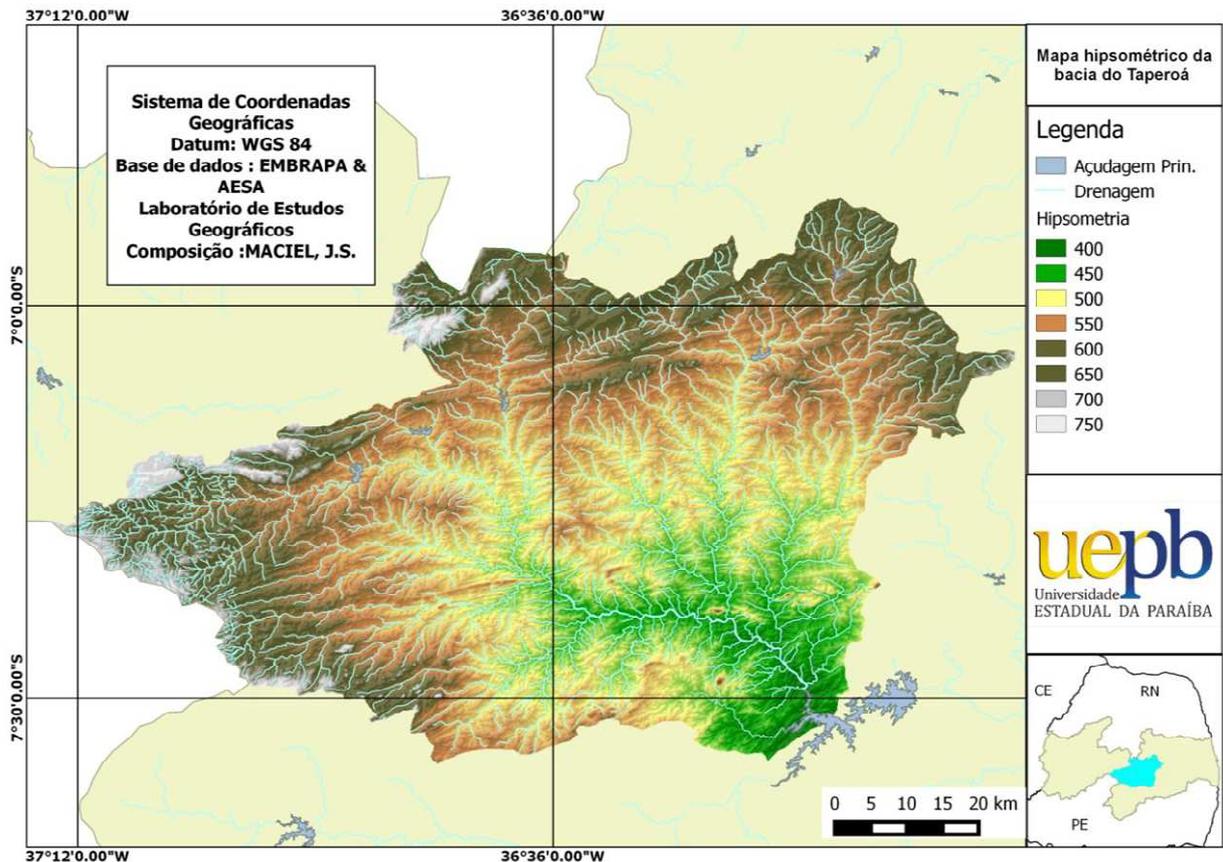
Fonte: Mapa elaborado pelo autor

Mesmo os maiores valores de chuva encontrados na bacia ainda são relativamente mais baixos que os valores encontrados, por exemplo, por Santos (2012) no sertão paraibano, demonstrando que ao contrário do que é comumente/popularmente conhecido como as áreas que chovem menos no nordeste brasileiro. O sertão paraibano quebra essa regra em escala estadual, pois nele são facilmente encontrados totais anuais superiores aos 800 mm contrariamente ao cariri paraibano onde os totais anuais estão em torno dos 400 mm, reafirmando o seu status de ser uma das áreas mais “secas” do Brasil.

A amplitude registrada nos totais anuais de precipitação se deve aos inúmeros movimentos atmosféricos que incidem sobre a Paraíba e que causam esta variabilidade espacial e temporal, mas que possivelmente também são reflexos da altimetria da bacia que aumentam também neste mesmo sentido (Figura 7).

.....

Figura 8: Mapa hipsométrico da SBHRT



Fonte: mapa elaborado pelo autor

Percebe-se, ao analisar as Figuras 7 e 8, que há uma relação existente entre a orografia e a pluviometria. Nota-se que os totais anuais precipitados são maiores onde há altitude mais elevadas do mesmo modo que as “terras baixas” possuem totais precipitados menores, exceto no nordeste da bacia onde esta premissa não se faz presente, pois mesmo sendo uma área com altitude em torno dos 650 m os totais anuais precipitados não estão com a mesma proporcionalidade de que em outras áreas como o oeste da bacia.

Quanto a isso, Ayoade (1996) relata que a influência existente entre a orografia e a precipitação pluvial é muito relativa quanto ao tamanho destas elevações e aos graus de estabilidade da atmosfera, pois quando a atmosfera é estável a influência destes elevados restringem-se as proximidades dos mesmos, da mesma maneira que, quando a atmosfera possui instabilidades a orografia auxilia no aumento dos totais precipitados, assim como, em distribuir a precipitação em áreas maiores.

Em estudos realizados na bacia do rio Paraíba, da qual a bacia do rio Taperoá faz parte, Araújo (2006) relata que sobre a bacia do rio Paraíba vários sistemas atmosféricos que são influenciadores de chuvas agem, com maiores ou menores intensidades durante certas épocas do ano, fato que é comprovado na distribuição temporal altamente irregular na bacia (Figuras 10 – 21).

Nos primeiros quatro meses do ano (janeiro, fevereiro, março e abril) as chuvas são frequentes no setor centro-oeste da bacia, segundo Araújo (op. cit.) neste período do ano os principais mecanismos indutores de chuva são os vórtices ciclônicos de ar superior (VCAS) e a zona de convergência intertropical (ZCIT), sendo que os VCAS agem em todos os meses de verão enquanto que a ZCIT age principalmente no segundo bimestre do ano.

Neste primeiro quadrimestre do ano percebe-se um aumento dos totais precipitados no sentido oeste-leste influenciado pelas oscilações dos indutores de chuva, principalmente da ZCIT. Em todas as áreas da bacia o segundo bimestre do ano é caracterizado como a época mais chuvosa do ano mostrando a clara influência da ZCIT corroborando a afirmação de Araújo (op. cit.).

Figura 10: Precipitação pluvial na bacia para o mês de janeiro

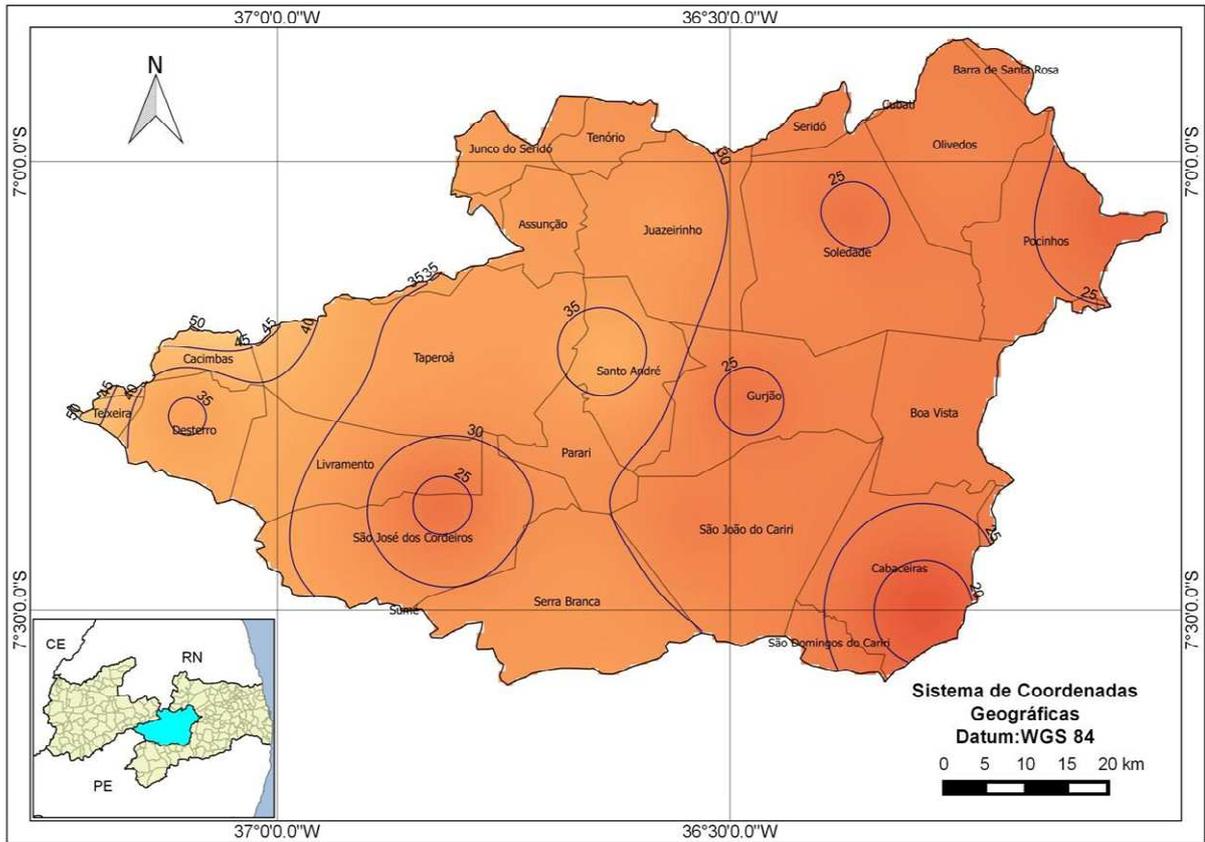


Figura 11: Precipitação pluvial na bacia para o mês de fevereiro

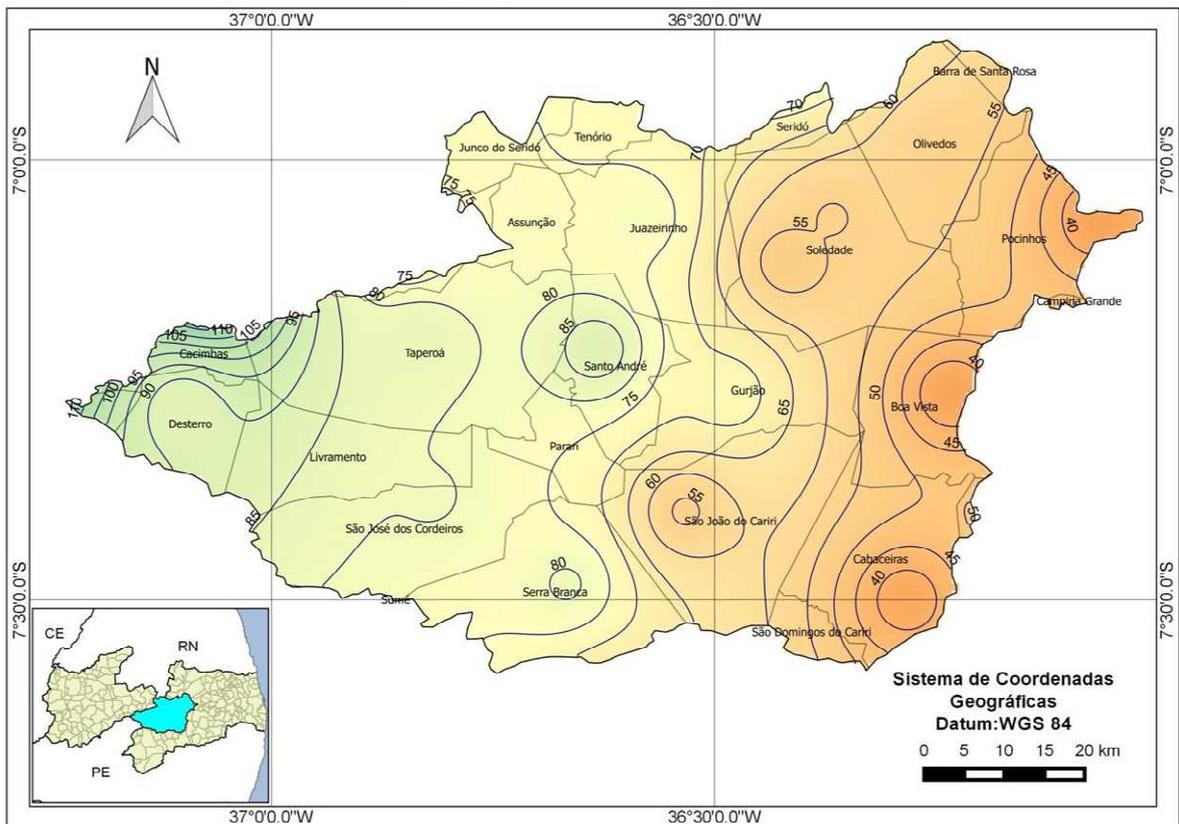


Figura 12: Precipitação pluvial na bacia para o mês de março

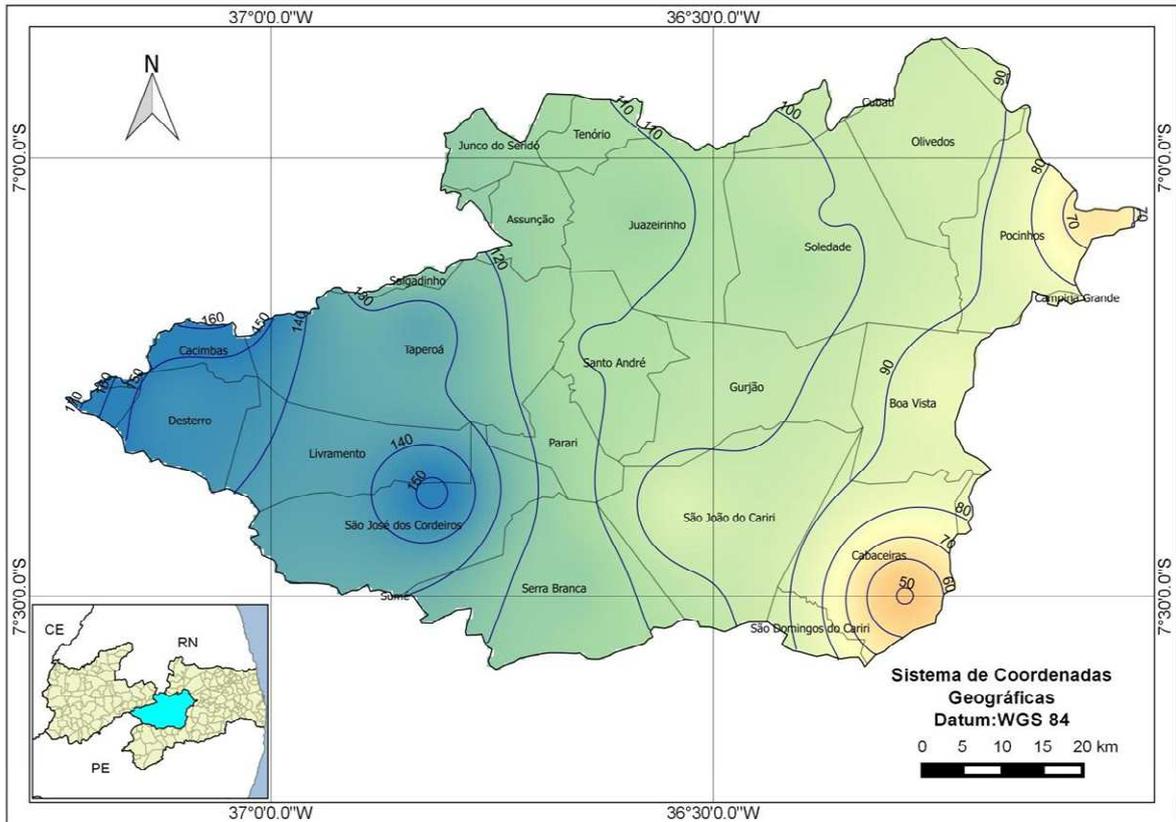
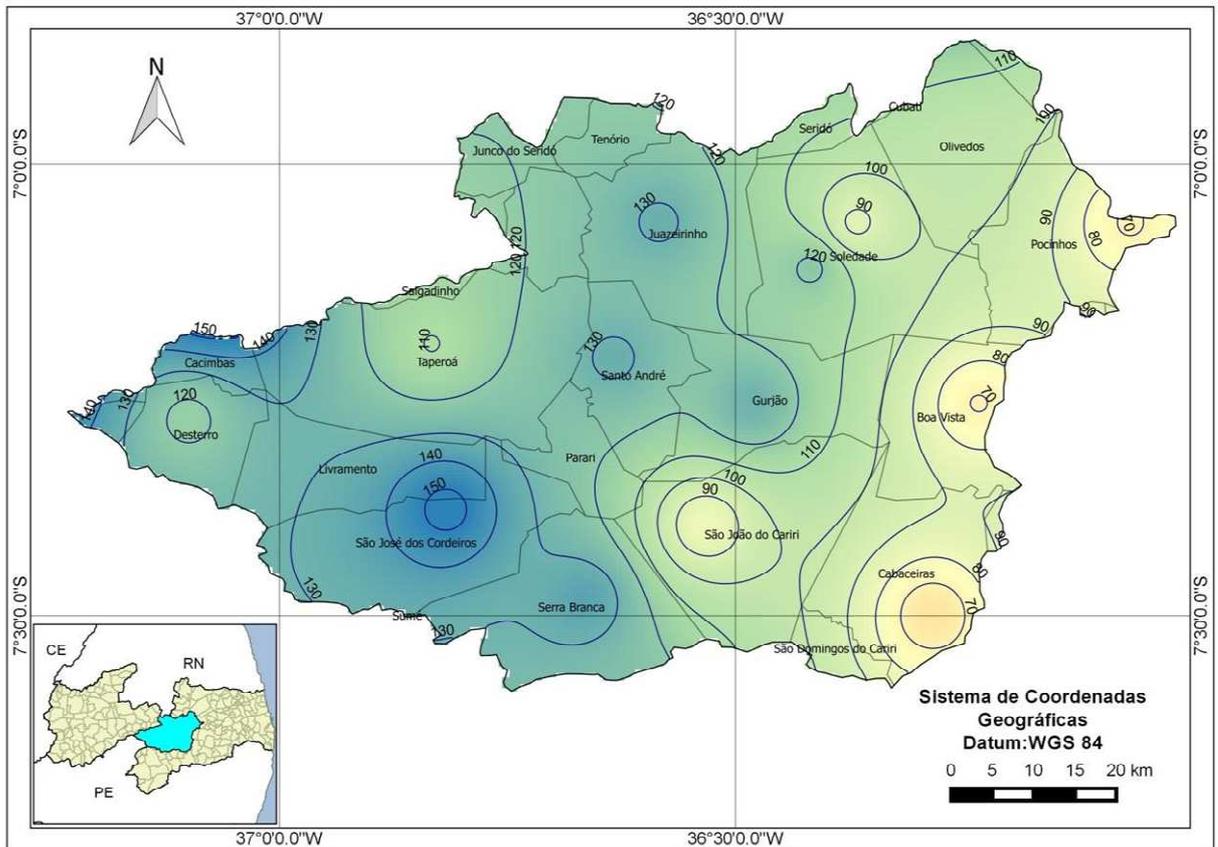


Figura 13: Precipitação pluvial na bacia para o mês de abril



No segundo quadrimestre do ano (maio, junho, julho e agosto) há uma inversão, o setor centro-leste acaba que por receber maiores valores relativos de precipitação. Há uma diminuição da intensidade dos indutores de chuvas sobre a área da bacia, indutores estes que tendem oscilarem para outras áreas, Cabral Junior (2012) ao fazer um estudo acerca do regime pluvial de Campina Grande, a leste da bacia do rio Taperoá, relata que a estação chuvosa de Campina Grande inicia-se quando a estação chuvosa do Taperoá começa a decair, mostrando a transição de estação chuvosa indo de oeste a leste no estado da Paraíba além do que a estação chuvosa em Campina Grande possui duração maior do que a SBHRT.

Figura 14: Precipitação pluvial na bacia para o mês de maio

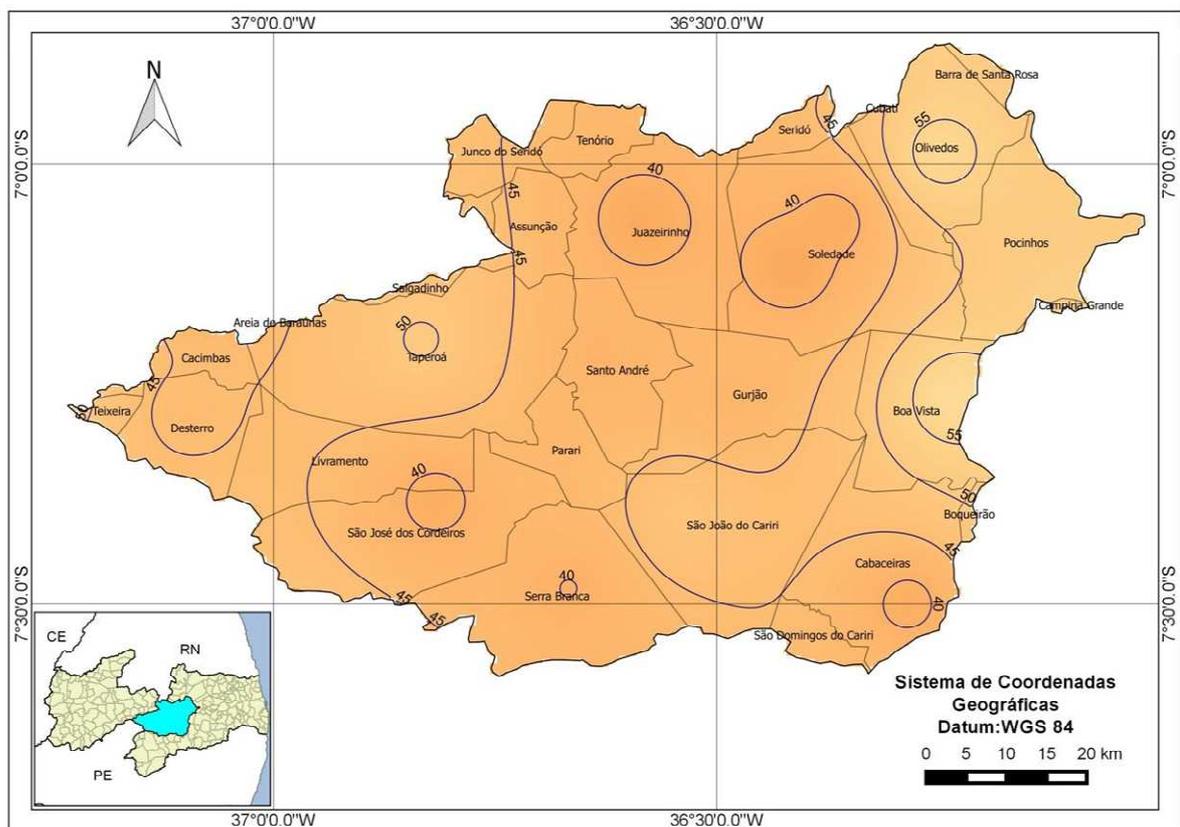


Figura 15: Precipitação pluvial na bacia para o mês de junho

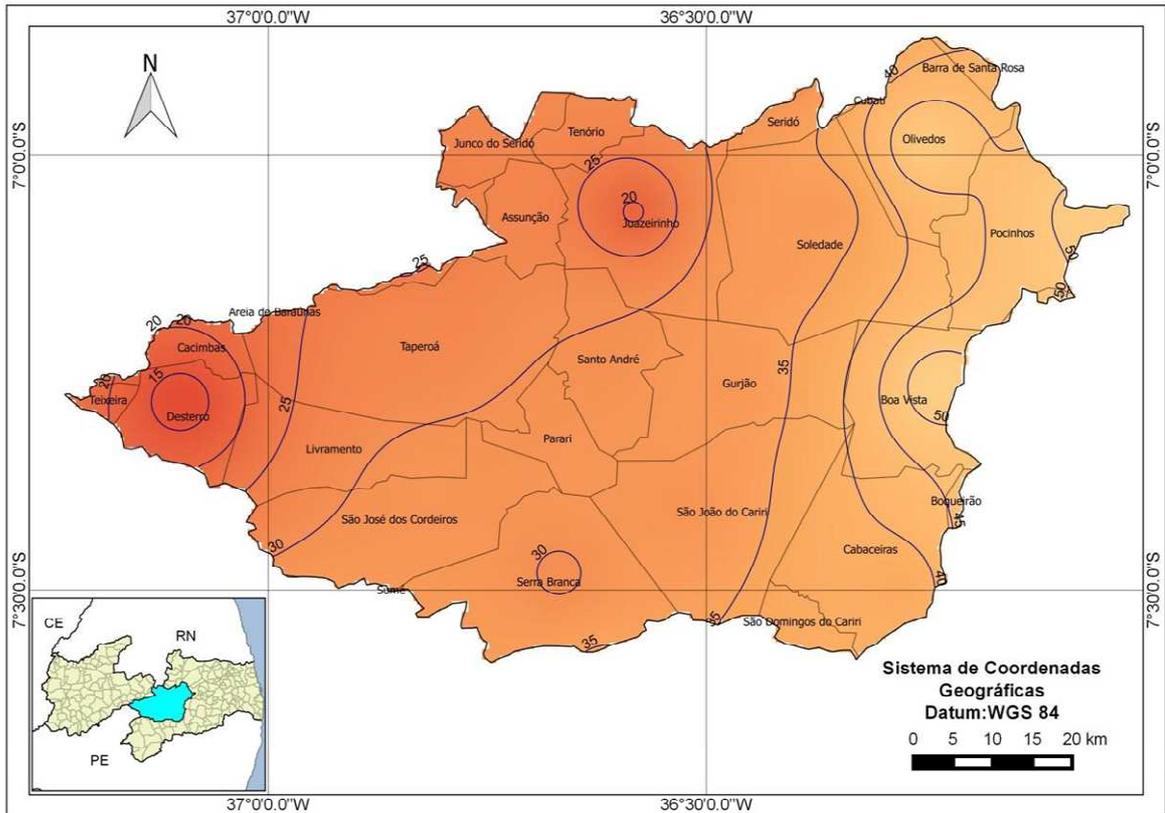


Figura 16: Precipitação pluvial na bacia para o mês de julho

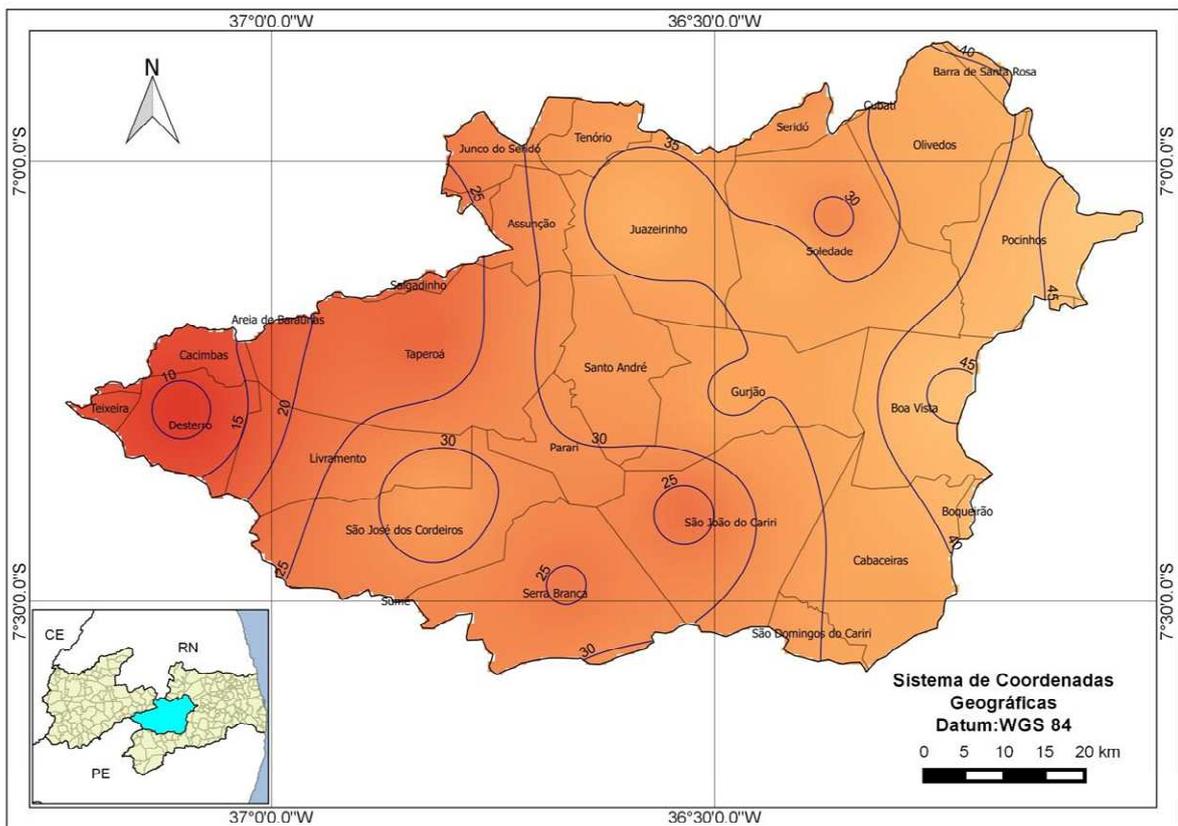




Figura 18: Precipitação pluvial na bacia para o mês de setembro

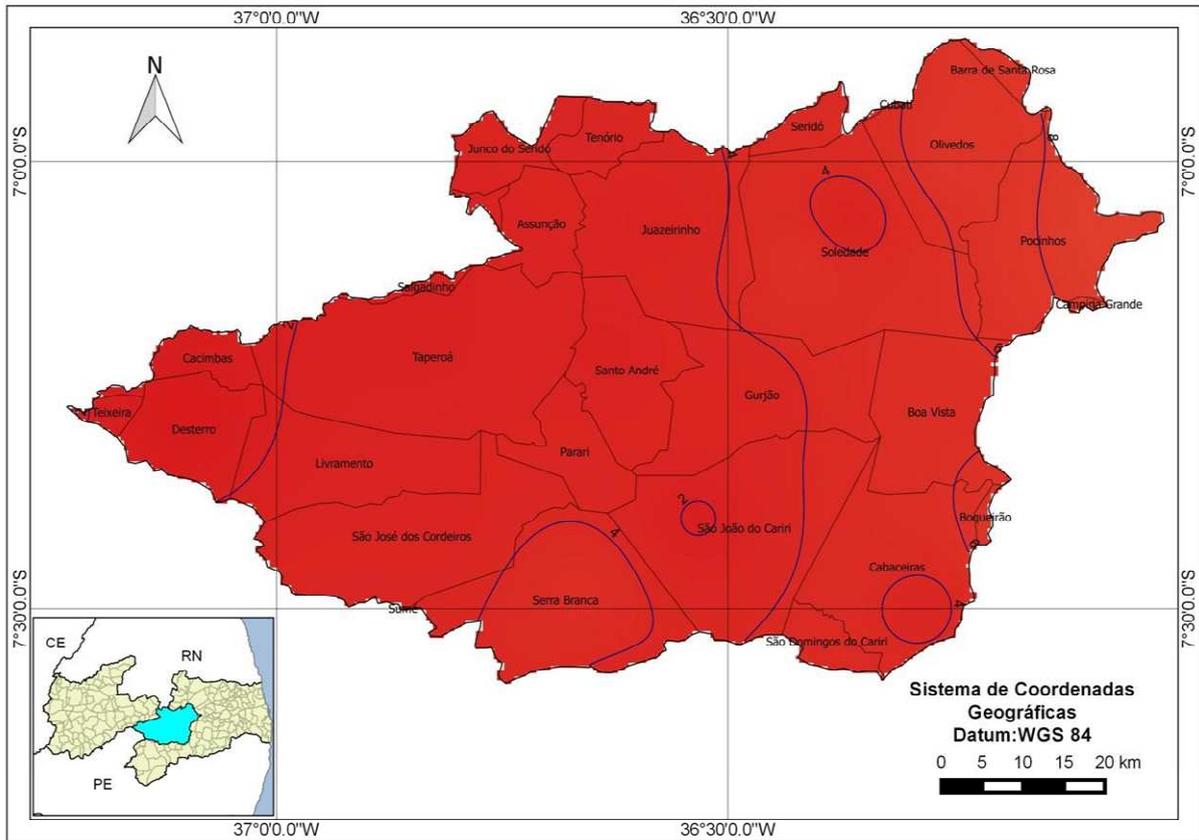


Figura 19: Precipitação pluvial na bacia para o mês de outubro

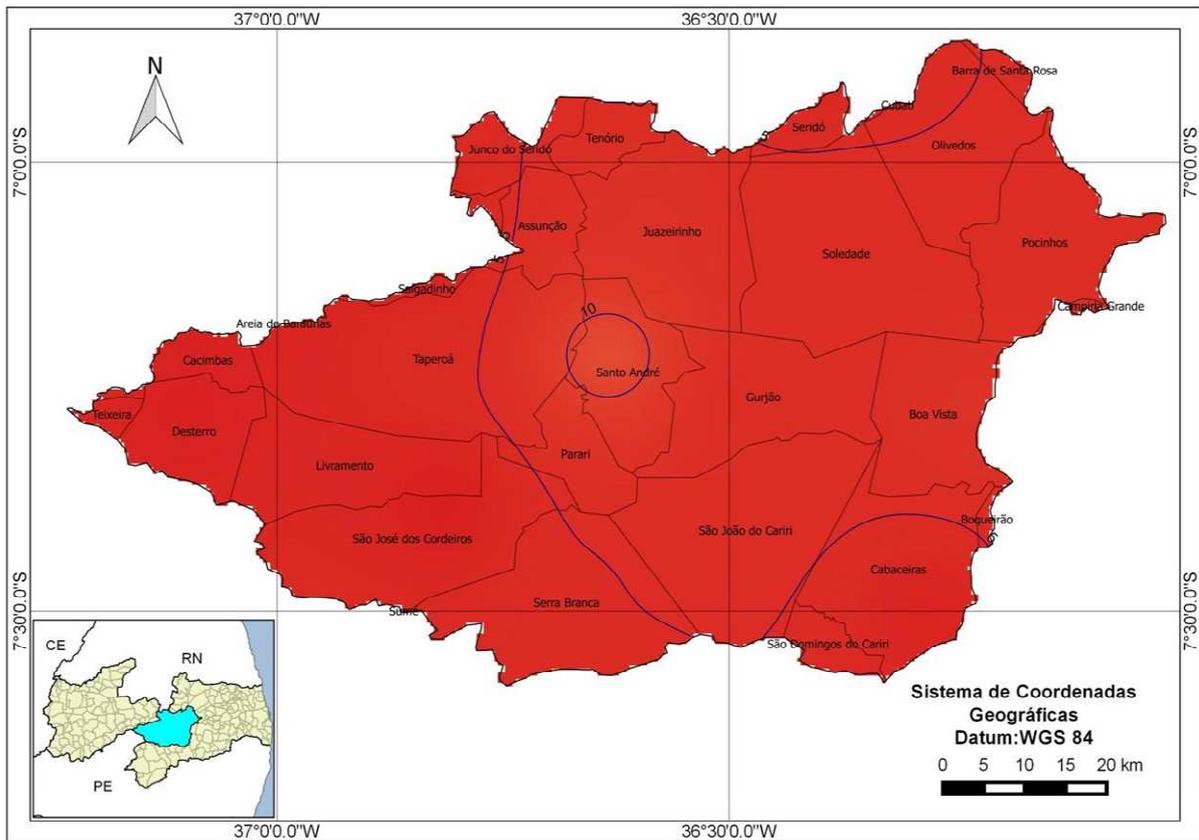


Figura 20: Precipitação pluvial na bacia para o mês de novembro

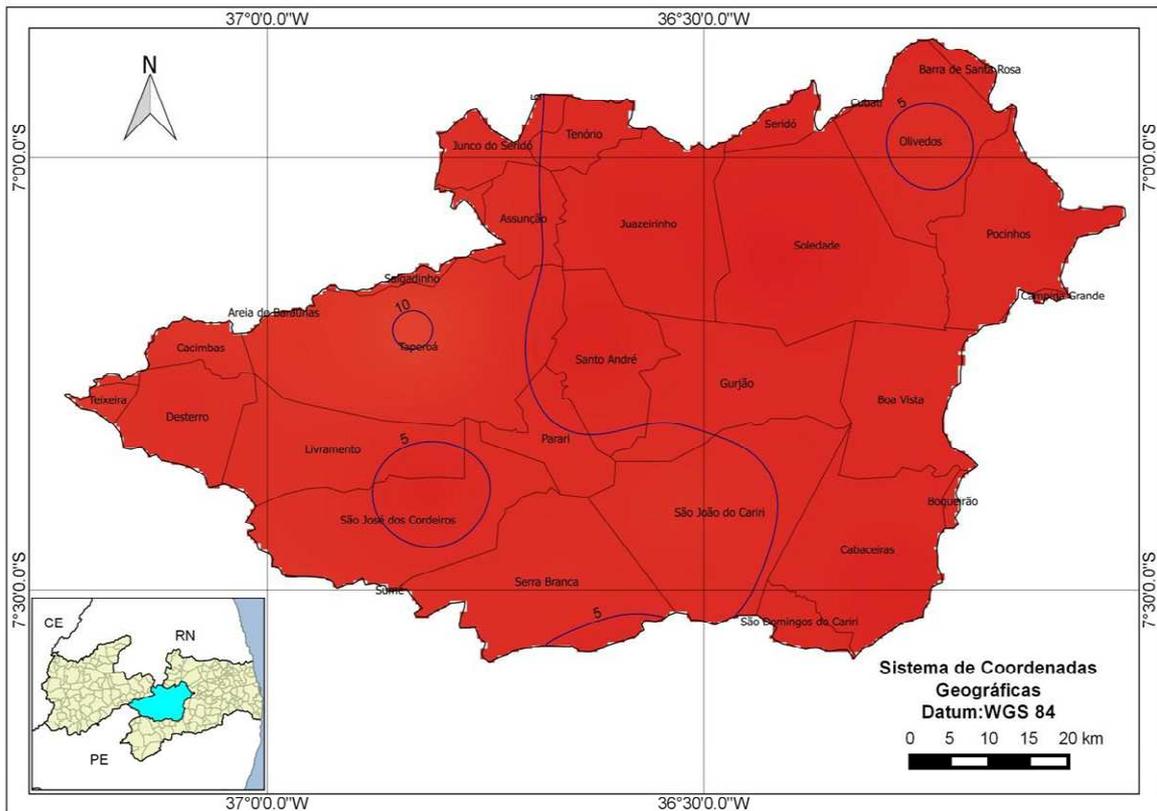
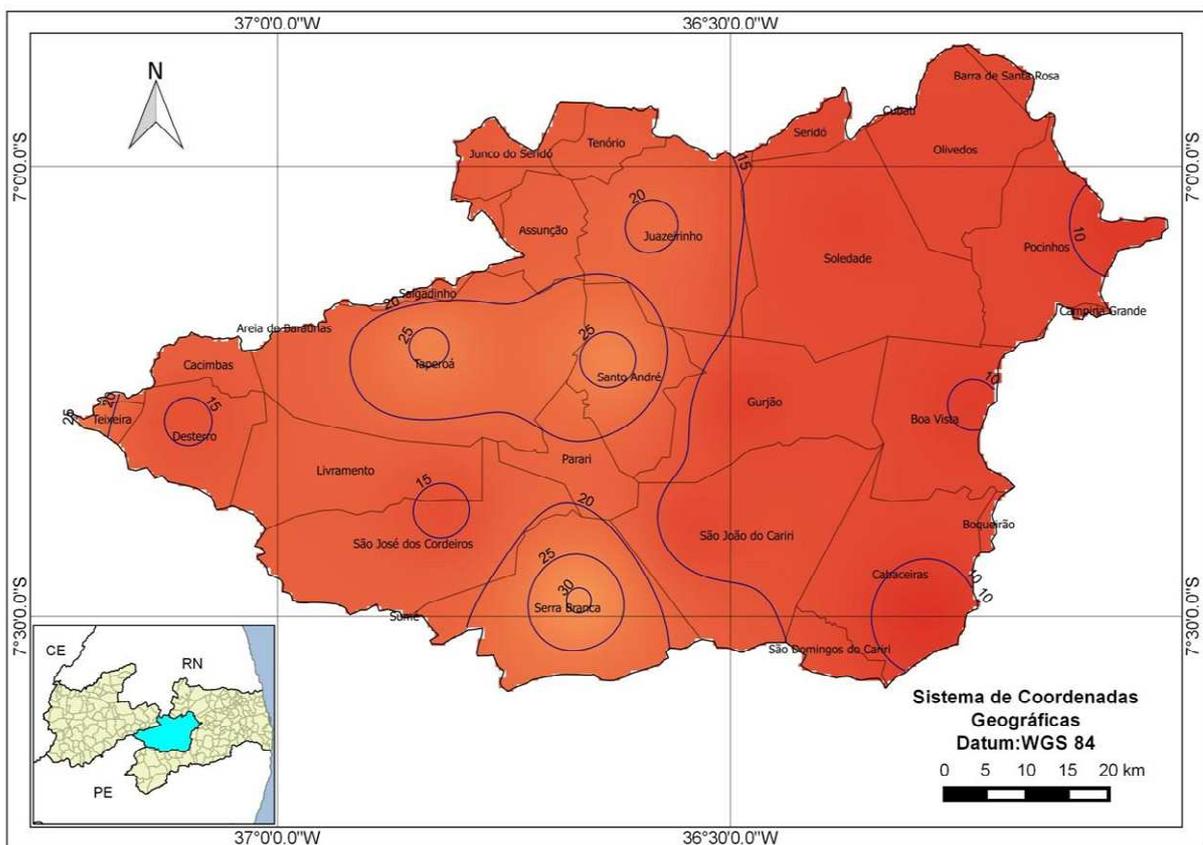


Figura 21: Precipitação pluvial na bacia para o mês de dezembro



Fonte: Mapas elaborados pelo autor

Segundo Nimer (1979b) essa variabilidade e alternância dos indutores de chuvas nesta região ocorrem principalmente pelo fato de que esta área está no limite de atuação, principalmente das ondas de leste e da ZCIT, causando chuvas fortes no período de suas atuações e seca quando não há o efeito das mesmas.

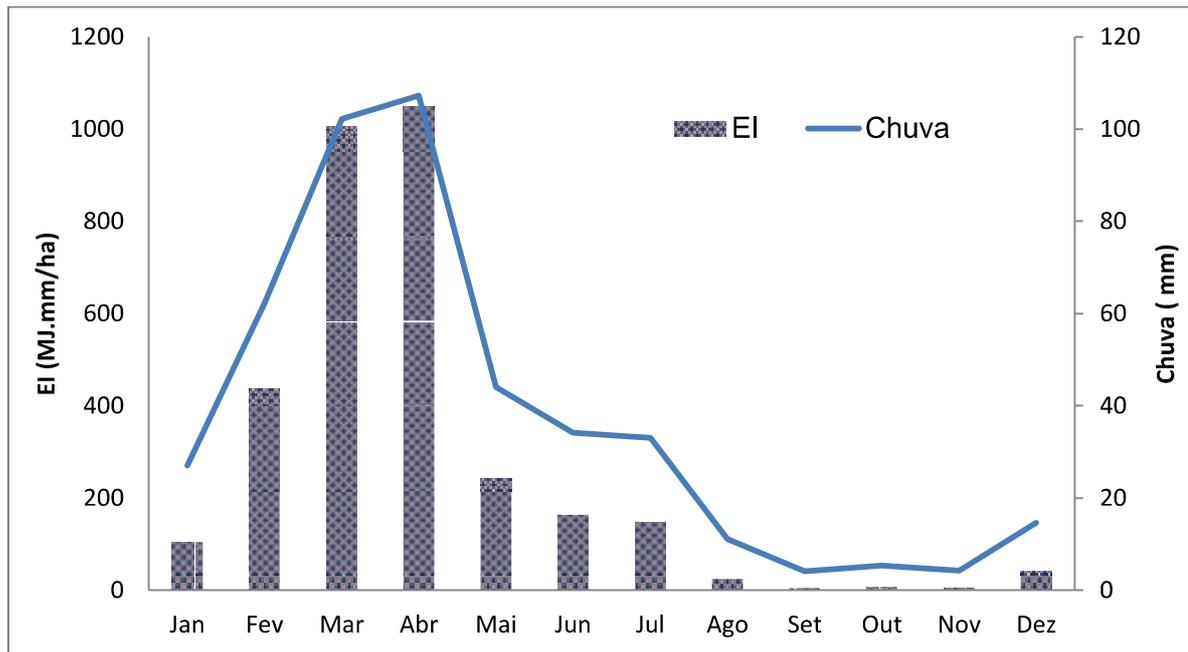
Em trabalho realizado nas microrregiões do sertão paraibano, Santos (2012) encontrou estações chuvosas e secas com aproximadamente o mesmo período de duração que a encontrada na SBHRT, no entanto os valores anuais totais médios de precipitação, por estação, encontrados nos Sertão da Paraíba são relativamente maiores do que as encontradas na SBHRT, mostrando que a atuação dos indutores de chuvas destas áreas agem com maiores forças do que na SBHRT, confirmando a afirmação de Nimer (1979b).

#### 4.2 EROSIVIDADE DAS CHUVAS

Para a SBHRT, a precipitação média anual, varia de 304,6 a 650 mm, com isso, os resultados da análise da erosividade das chuvas na bacia do rio Taperoá mostraram que o valor médio anual encontrado para a bacia foi de 3230,54 MJ. mm/ha.ano. Através dos dados interpolados encontrou-se uma variação de 2690 MJ mm/ha.ano oscilando de 2010,3 MJ. mm/ha.ano a próximos a 4700 MJ. mm/ha.ano .

A Figura 21 apresenta a erosividade média mensal para a SBHRT, a partir da série utilizada para o cálculo de precipitação. Avaliando a variação intraanual dos índices de erosividade e correlacionando estes valores com os de precipitação, observam-se elevados coeficientes de variação, a média mensal do índice de erosão foi maior no período de maior precipitação pluvial, que compreende os meses de março e abril e menor nos meses de menor precipitação setembro, outubro, novembro.

Figura 22: Gráfico da média Mensal de Erosividade das chuvas na SBHRT

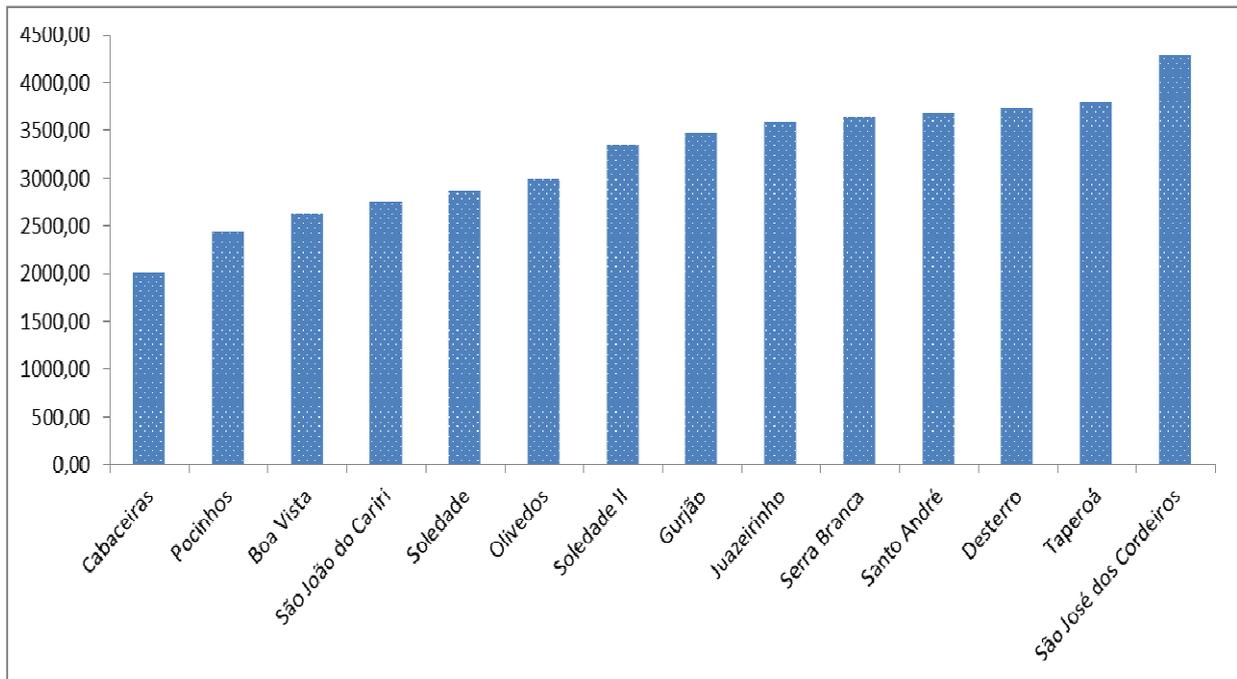


Segundo Frota (2012) está característica de variação dos índices erosivos são típicas do semiárido do nordeste brasileiro, segundo a mesma, as chuvas se caracterizam por uma curta duração e alta intensidade, conseqüentemente gerando altas erosividade neste curto período e maior desagregação e fluxo de transporte deste material desagregado.

Esta característica se dá pelo fato de que a erosividade está estreitamente ligada aos totais precipitados. Este comportamento é esperado pelo fato de que os cálculos de erosão hídrica são baseados em medias pluviiais mensais e anuais, logo, a maior capacidade de causar erosão será no período chuvoso, enquanto que as menores erosividades serão nos meses de estiagem (BOIN, 2000; SANTANA, 2007), o que em áreas semiáridas pode facilmente ser nulas devido ao fato de que em alguns anos a estação “seca” registra valores pluviiais nulos ou ainda não possuir valores significativos a fim de gerar erosão .

A Figura 22 demonstra os valores do fator R para algumas localidades na SBHRT, demonstrando a variabilidade espacial da erosividade.

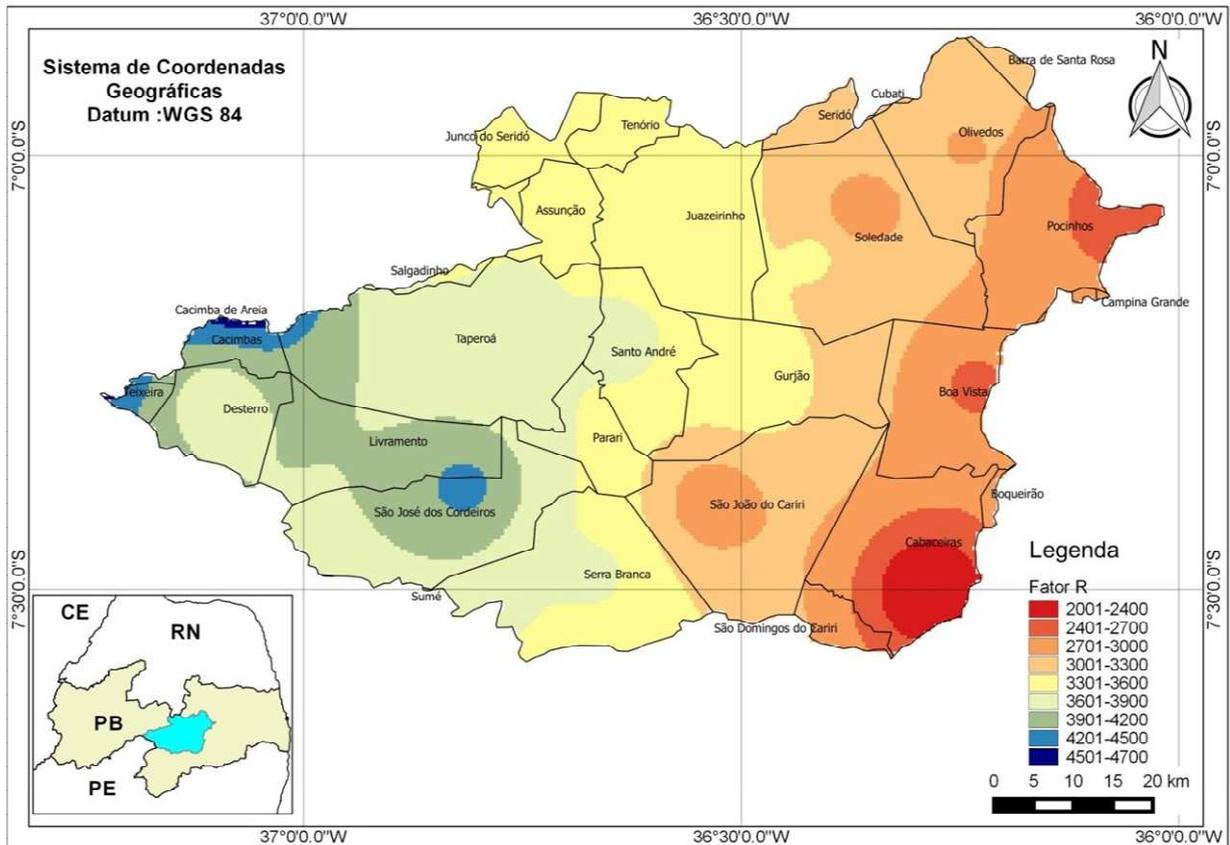
Figura 23: Fator R para algumas localidades na SBHRT



Outro dado que corrobora a alta variabilidade espacial da erosividade em áreas semiáridas de modo geral, e na SBHRT especificamente, no município de Soledade foram encontrados dados referentes a duas estações pluviométricas, mas que, no entanto possuem entre ambas uma diferença de 483,2 MJ. mm/ha.ano , vale ressaltar que estas estações estão distantes uma da outra em aproximadamente 8 km

De acordo com a Figura 23 pode-se perceber que há tendência de diminuição dos valores de erosividade no sentido oeste-leste, os maiores valores são encontrados no município de Cacimbas com valores de erosividade próximos a 4700 MJ. mm/ha.ano, do mesmo modo, o município de Cabaceiras possui os menores valores de erosividade da SBHRT.

Figura 24: Mapa de erosividade da Bacia do Taperoá



Fonte: Mapa elaborado pelo autor

Por ser uma região semiárida, pode-se perceber que os valores de erosividade (Fator R) são baixos, demonstrando que a variável chuva em áreas semiáridas, comparada com regiões mais úmidas, possui menor potencial em erodir os solos.

Outros estudos realizados no semiárido brasileiro também evidenciaram esta variabilidade espaço-temporal dos valores de erosividade, Aquino et al., (2006) encontraram valores de erosividade das chuvas nas terras secas do Estado do Piauí variando de 3.316 a 6.877 ( MJ mm/ ha.ano), e Frota (2012) encontrou, no estado do Ceará valores variando de 5.137 a 6.695 (MJ. mm/ ha.ano), validando assim os dados encontrados na SBHRT .

A Tabela 4 mostra as médias mensais dos índices de erosão (EI) e o fator R para cada estação pluviométrica utilizada , bem como o valor médio mensal geral , o desvio padrão, valores máximos e mínimos.

Tabela 4: Estações pluviométricas com valores de EI e o Fator R

Estação	Código	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Fator_R
Algodão de Jandaíra*	3837796	66,86	251,23	552,74	835,84	220,07	175,70	211,61	36,37	27,41	6,12	4,87	18,83	2407,65
Boa Vista	3847555	101,19	170,17	717,54	537,01	403,97	339,58	266,90	60,97	7,22	9,84	4,94	18,27	2637,59
Boqueirão*	3847979	111,60	297,80	583,64	910,39	286,02	340,09	300,55	59,58	26,00	6,80	8,00	36,06	2966,52
Cabaceiras	3857044	52,69	229,54	380,87	577,85	254,60	238,13	216,89	35,46	4,04	3,27	3,45	13,46	2010,26
Coxixola*	3856278	141,8	390,2	1048,2	1255,9	178,1	156,6	125,0	12,9	2,6	4,4	2,6	58,8	3376,86
Desterro	3845583	136,12	650,75	1552,65	1112,01	210,28	26,50	12,20	0,10	0,07	1,59	6,06	31,13	3739,46
Gurjão	3847505	74,52	523,27	929,00	1403,63	205,06	128,99	154,71	17,35	2,45	6,10	5,15	19,50	3469,73
Juazeirinho	3846185	133,60	553,62	1080,63	1343,57	159,41	52,90	172,63	13,04	1,82	8,32	3,25	58,05	3580,84
Olivedos	3837953	100,03	321,04	795,00	914,81	344,11	268,58	163,38	38,28	9,83	5,41	6,56	24,32	2991,36
Passagem*	3845289	286,68	1182,97	1783,41	1715,67	145,11	42,81	17,50	0,80	0,15	0,31	9,37	35,38	5220,17
Pocinhos	3847188	69,43	181,51	505,51	568,52	346,61	345,47	315,19	61,93	20,65	7,03	3,59	14,93	2440,37
Salgadinho*	3846231	159,52	488,68	1201,96	1101,42	275,67	75,31	52,70	11,98	1,32	1,11	9,22	29,19	3408,08
Santo André	3846475	160,90	679,40	969,77	1323,50	180,01	107,18	123,44	20,38	1,46	25,86	2,39	90,73	3685,03
São João do Cariri	3846894	108,03	377,88	904,50	755,23	309,44	146,64	87,63	9,77	1,16	7,28	9,77	29,63	2746,94
São José dos Cordeiros	3846739	65,47	545,58	1607,27	1627,12	158,10	109,74	123,17	17,98	1,92	0,78	3,04	27,95	4288,11
Seridó*	3837717	87,56	830,55	818,55	1260,20	207,26	74,87	71,01	5,87	1,63	0,73	3,72	13,71	3375,67
Serra Branca	3846969	120,47	569,57	1087,42	1380,27	171,63	102,72	74,39	16,61	5,55	4,86	6,47	109,31	3649,26
Soledade	3847128	85,89	370,70	1031,75	834,47	202,88	156,68	122,75	15,38	2,38	7,26	3,14	23,58	2856,87
Soledade II	3847218	111,0	303,5	1062,3	1304,2	170,6	141,7	179,4	25,2	7,4	5,8	1,2	27,7	3340,03
Sumé*	3856314	187,65	495,06	1238,34	1197,44	308,70	177,57	65,11	13,47	4,85	7,13	20,48	42,17	3757,97
Taperoá	3846434	139,56	634,45	1445,77	1017,26	272,07	101,04	56,82	10,63	1,53	4,80	19,15	88,59	3791,68
Teixeira*	3845448	290,26	1038,32	2106,49	1380,23	241,34	55,58	16,42	2,26	1,26	3,36	15,07	96,10	5246,68
Média		126,86	503,90	1063,78	1107,11	238,68	152,93	133,15	22,10	6,03	5,82	6,89	41,25	3408,51
Mediana		111,31	491,87	1039,96	1154,73	215,17	135,35	123,31	16,00	2,41	5,59	5,05	29,41	3392,47
Desvio-Padrão		62,9	262,7	431,6	332,7	71,5	97,2	88,8	18,9	8,1	5,2	5,3	29,3	804,4
Máximo		290,26	1182,97	2106,49	1715,67	403,97	345,47	315,19	61,93	27,41	25,86	20,48	109,31	5246,68
Mínimo		52,69	170,17	380,87	537,01	145,11	26,50	12,20	0,10	0,07	0,31	1,21	13,46	2010,26

\* Estações fora da SBHRT, mas que foram utilizadas para a interpolação dos dados.

Ao se comparar os valores encontrados na SBHRT dos “índices de erosividade” (IE) e do fator R para outras áreas do nordeste semiárido percebe-se que a SBHRT possui valores baixos de erosividade, reflexos indiscutíveis dos baixos totais anuais de precipitação pluvial encontrados na área.

Para então poder classificar e comparar os valores de erosividade com qualquer outra área, Carvalho (1944) descreve classes de referência para os valores do fator R, conforme demonstra quadro 1.

Tabela 5: classes de erosividade universal

Intervalo (MJ mm /ha ano)	Classe de erosividade
$R < 2452,5$	Fraca
$2452,5 < R < 4905$	Média
$4905 < R < 7357,5$	Média a forte
$7357,5 < R < 9810$	Forte
$R > 9810$	Muito forte

Fonte: Carvalho (1994) adaptado por Maciel, J.S.

Vale ressaltar que Carvalho (op.cit.) utiliza como unidade de referência o sistema métrico de medidas erosivas (tm. mm /ha. ano), logo, para converter o sistema métrico em unidade do sistema universal padronizado (MJ. mm/ha.ano), multiplica-se o valor por 9,81 consequentemente para converter unidade do sistema internacional para o sistema métrico divide-se o valor encontrado por 9,81.

Logo, de acordo com os valores de referência postulados por Carvalho (1944) na SBHRT a erosão se enquadra como fraca a média com predomínio da classe média, a erosividade é considerada fraca nos municípios de Cabaceiras e Pocinhos e média em todos os outros municípios da SBHRT. Como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 6: Classe de erosividade para as 14 estações no interior da SBHRT

Município	Fator R	Classe de erosividade
Boa Vista	2637,59	Média
Cabaceiras	2010,26	Baixa
Desterro	3739,46	Média
Gurjão	3469,73	Média
Juazeirinho	3580,84	Média
Olivedos	2991,36	Média
Pocinhos	2440,37	Baixa
Santo André	3685,03	Média
São João do Cariri	2746,94	Média
São J. dos Cordeiros	4288,11	Média
Serra Branca	3649,26	Média
Soledade	2856,87	Média
Soledade II	3340,03	Média
Taperoá	3791,68	Média

Por se tratar de valores de referencia universal eles tendem a homogeneizar áreas em uma única classe, não demonstrando a intensidade local comparada a valores de erosividade regional.

Para isso, seguiu-se um critério de ponderação semelhante ao encontrado em Frota (op.cit) e Aquino et.al. (op.cit), a SBHRT foi subdividida em cinco classes de potencial erosivo, para cada classe foram calculadas as respectivas áreas e percentagens para assim poder definir quais áreas os processos erosivos são mais intensos, este método leva em consideração os valores encontrados no interior na bacia, portanto é uma classificação relativa feita unicamente para a mesma, Conforme demonstra a Tabela 6.

Tabela 7: Intervalos de fator R para a SBHRT com as respectivas classes de erosividade

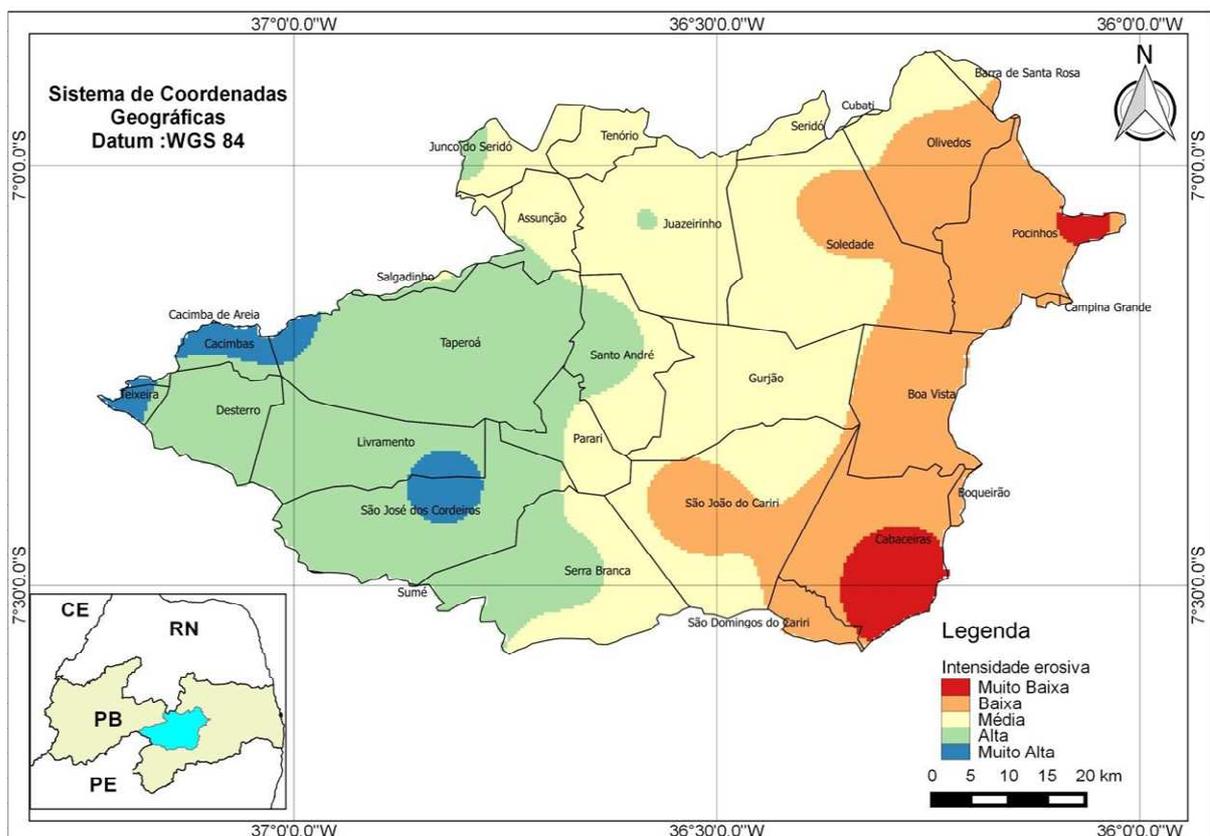
CLASSES DE POTENCIAL EROSIVO	FATOR R (MJ. mm/ha.ano).	ÁREA	
		(km <sup>2</sup> )	(%)
Muito Baixa	2000-2533	175,18	3,0
Baixa	2534-3055	1494,4	25,0
Média	3056-3575	2205,5	38,0
Alta	3576-4100	1846,5	31,0
Muito Alta	4101-4700	168,24	3,0

Ao se analisar a Tabela 6 e a Figura 24, percebe-se que os extremos (muito baixa e muito alta) ocorrem em menores percentuais da bacia (3%). As intensidades consideradas muito baixas são encontradas nos municípios de Cabaceiras e Pocinhos, corroborando assim, com os resultados encontrados utilizando a classe de erosividade.

Do mesmo modo as classes consideradas muito altas estão concentradas no setor oeste da bacia, com uma “mancha” nos municípios de São José dos Cordeiros e Livramento, ocasionado pelos maiores totais precipitados nestes dois locais se comparados com as áreas circunvizinhas. Por sofrer mais com o problema de erosividade das chuvas estas áreas devem possuir planos consistentes de proteção ambiental, principalmente da caatinga da área, sobretudo as áreas próximas aos rios, por conta de que a vegetação é um dos elementos naturais que consegue suavizar os efeitos da erosividade das chuvas (GUERRA, 1998).

A vegetação age de diferentes formas a fim de impedir a ação máxima da erosividade das chuvas como evitar o impacto direto das gotas no solo impedindo a desagregação de partículas; impede a compactação dos solos; aumenta a capacidade de infiltração do solo e subsidia estruturas biológicas (animal e vegetal) que aumentam a permeabilidade e porosidade do solo (CREPANI, 2001).

Figura 25: Mapa de classes de potencial erosivo para a SBHRT



Fonte: Mapa elaborado pelo autor

A necessidade de proteção de matas ciliares, nestas áreas onde são consideradas com intensidade muito alta, é pelo fato de que esta estrutura de vegetação impede que as partículas desagregadas dos solos durante os eventos de chuva cheguem até os rios, com a perda deste mata o total de sedimentos aumenta de forma a causar graves problemas, principalmente aos açudes, assim como ao próprio rio que acaba sendo assoreado por estes sedimentos diminuindo assim seu volume e capacidade (GUERRA, op.cit.).

Embora o percentual de intensidade erosiva considerada “muita alta” seja pouco significativa na bacia, às classes “Alta” e “Média” são bastante expressivas, com 31 e 38% respectivamente, mostrando que a bacia tende naturalmente a perda de solo por processos de erosão hídrica reafirmando a necessidade de gestão e planejamento a fim de promover práticas conservacionistas principalmente do manejo do solo.

Nas regiões semiáridas, a degradação dos solos pela erosão hídrica é um sério problema e por isso vem sendo estudada nas últimas décadas por órgãos e pesquisadores que se preocupam com os aspectos e as relações socioeconômicas e físicas do semiárido (Santos *et. al.* 2007).

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados, concluiu-se que a sub-bacia do rio Taperoá:

- Apresenta em média uma estação chuvosa curta de três meses (fevereiro, março e abril) da qual concentram cerca de 60% do volume esperado para o ano;
- A estação chuvosa tem duração e intensidade diferentes em cada setor da sub-bacia;
- A menor duração de estação chuvosa é a do município de Cabaceiras com apenas dois meses e a maior dos municípios de Pocinhos, Boa Vista e Olivedos com 4 meses;
- A menor pluviosidade anual é encontrada em Cabaceiras e a maior no município de Teixeira;
- Os maiores desvios padrões ocorrem no período chuvoso, mostrando que há alta variabilidade das precipitações pluviais até mesmo no período chuvoso;
- Apresenta três meses (setembro, outubro, novembro) de estiagem bastante pronunciada;
- Na maior parte do ano os meses são considerados “secos”;
- A maioria dos municípios pertencentes à bacia apresentam 9 meses secos durante o ano;
- Os dados pluviais comparados com outras áreas da Paraíba comprovam a região como a área com menor pluviosidade do estado;
- O valor médio de erosividade encontrado para a bacia foi de 3230,54 MJ. mm/ha. ano;
- A média mensal do índice de erosão foi maior no período de maior precipitação pluvial, que compreende os meses de março e abril e menor nos meses de menor precipitação setembro, outubro, novembro.
- O município com menor potencial erosivo, pela chuva, é Cabaceiras e o maior Cacimbas;
- Ao se comparar os valores de erosividade das chuvas encontrados na SBHRT com outras áreas semiáridas percebe-se que a SBHRT possui valores baixos de erosividade, reflexos indiscutíveis dos baixos totais anuais de precipitação pluvial encontrados na área;
- A erosividade se enquadra como fraca a média com predomínio da classe média;
- A erosividade é considerada fraca nos municípios de Cabaceiras e Pocinhos e média em todos os outros municípios da SBHRT;
- A vulnerabilidade a erosividade decresce no sentido oeste-leste, com os municípios mais vulneráveis a erosão sendo Cacimbas e Teixeira.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H.A. CABRAL JÚNIOR, J.B.; FARIAS, M.P.; CABRAL, L.N. **Algumas características da estação chuvosa de Campina Grande, PB** In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2010.
- ALMEIDA, N.V. **Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do rio Taperoá, semiárido paraibano** (Tese de doutorado). Niterói: UFF, 2012.
- ARAÚJO, L.E. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba** (dissertação de mestrado) Programa de pós-graduação em meteorologia. Campina Grande: UFCG, 2006.
- AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J.G.B.; SALES, M.C.L. **Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí**. Revista Ciência Agronômica, v.37, n.3, p.287-291, 2006.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo. Editora: Ícone. 1990.
- BOIN, M.N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. Instituto Geográfico de Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, 2000.
- BORGES, K.M.R. **Avaliação da suscetibilidade erosiva da bacia do rio Carinhonha (MG/BA) por meio da EUPS-Equação universal de Perda de Solos** (dissertação de mestrado) curso de pós-graduação em Geografia. Universidade de Brasília, 2009.
- CABRAL JÚNIOR, J. B. **Principais características dos regimes pluvial e térmico de Campina Grande, PB**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2012.
- CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, ELETROBRÁS, 1994.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. 2º ed. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1980.
- COELHO NETTO, Ana Luiza. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia In: **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. & BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos, SP: INPE, 2001.
- FROTA, P. V. **Potencial de Erosão na Bacia Hidrográfica do Açude Orós – CE**. (Tese de Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, 2012.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas In: **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

INPE. **Tutorial de geoprocessamento**: introdução ao geoprocessamento. Disponível em: <[http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_geo.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html)>. Acesso em 14/11/2014.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979 a.

NIMER, E. **Pluviometria e recursos hídricos dos estados de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979b.

MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: oficina de textos, 2007.

PEREIRA, S.B. **Desprendimento e arraste do solo em decorrência do escoamento superficial**. Viçosa: UFV, 2000.

SANTANA, N. M. P. **Chuva, erodibilidade, uso das terras e erosão hídrica linear na alta bacia do rio Araguaia**. (Dissertação de mestrado) programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás: Goiânia, 2007.

SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. & SRINIVASAN, V. S.. **Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semi-árido da Paraíba**. OKARA: Geografia em debate, v.1, n.1, p. 16-32, 2007.

SANTOS, É. A., **Variabilidade no regime pluvial nas microrregiões do sertão paraibano nos anos de el niño oscilação sul**. Trabalho de conclusão de curso(Graduação em Geografia). Campina Grande: UEPB, 2012.

SILVA, J. R. C.; DIAS A. S. **A erosividade das chuvas em fortaleza (CE). II correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

SOUZA, E. R; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas**: Unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, V.21, n.207, p. 15-20. 2000.

TUBELIS, A. NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva**: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital, 2005.