



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

**PRÓ REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA - PRPGP
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
LATO SENSU
GEOAMBIÊNCIA E RECURSOS HÍDRICOS DO SEMIÁRIDO**

CLÁUDIA FERNANDA COSTA ESTEVAM MARINHO

**CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA E MORFOMÉTRICA DO
ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
PARAÍBA**

Campina Grande/PB
2011

CLÁUDIA FERNANDA COSTA ESTEVAM MARINHO

**CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA E MORFOMÉTRICA DO ALTO
CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido, do Departamento de Geografia, da Universidade Estadual da Paraíba, como pré-requisito para obtenção do título de Especialista na área de GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido.

Prof^o Dr. Hermes Alves de Almeida, UEPB
Orientador

Campina Grande/PB
2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL-UEPB

M337c Marinho, Cláudia Fernanda Costa Estevam.
Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba [manuscrito]. / Cláudia Fernanda Costa Estevam Marinho. - 2011.
67 f. il. color.

Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2011.

“Orientação: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, Departamento de Geografia”.

1. Geomorfologia. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Rio Paraíba. I. Título.

21. ed. CDD 551.41

CLÁUDIA FERNANDA COSTA ESTEVAM MARINHO

**CARACTERIZAÇÃO HÍDRICA E MORFOMÉTRICA DO ALTO
CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido, do Departamento de Geografia, da Universidade Estadual da Paraíba, como pré-requisito para obtenção do título de Especialista na área de GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido.

Aprovada em 15 /08 /2011

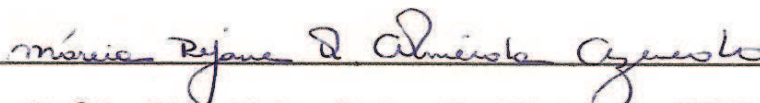
Banca Examinadora



Prof^o Dr. Hermes Alves de Almeida, UEPB
Orientador



Prof^a MS Nadjacléia Vilar Almeida, UFPB
Membro da Comissão Avaliadora



Prof^a Dra Márcia Rejane Queiroz Almeida Azevedo, UEPB
Membro da Comissão Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por terem me concedido a dádiva de viver, e por todos os ensinamentos, sempre passados com muita dignidade, que me fizeram compreender o valor de sempre fazer o bem, de amar, respeitar, perdoar o próximo, indistintivamente.

Aos meus irmãos, Edgina e Emanuel, a quem amo demais e que estão sempre ao meu lado... as minhas tias por todas as demonstrações de afeto... ao meu avô José, minhas avós Nair e Lourdes que são parte de mim, por lutarem a cada provação e continuarem neste plano comigo, me enchendo de carinho...

Ao meu esposo Rodrigo e minha filha Iasmyn por tudo... todo amor, compreensão, respeito... dedicados a mim... por todas as vezes que me ajudaram a me reerguer quando precisei... por fazerem parte do meu eu... por serem a minha razão de existir...

Ao meu querido... professor, amigo... Hermes Alves de Almeida a quem tenho imensurável, profundo respeito, admiração, carinho e muita, muita gratidão por ter guiado meus caminhos profissionais e as vezes, até pessoais, desde sempre... por ter acreditado e me fazer acreditar em mim...muito obrigada, obrigada...

Aos meus amigos de curso por todas as lições que me proporcionaram aprender, por todos os momentos que vivenciamos juntos, em especial à minha amiga Otávia Karla Apolinário pela grande contribuição que deu para que este trabalho pudesse ser realizado...

A minha professora Nadja Vilar Almeida por toda a contribuição que teve na minha formação enquanto profissional, toda valiosa ajuda concedida neste trabalho, por me fazer expandir meus horizontes e por me ensinar sempre um pouco mais sobre a simplicidade... obrigada...

Ao meu inestimável professor João Damasceno a quem também tenho enorme admiração, respeito, por toda dedicação que sempre teve a nossa turma, por nos fazer sonhar, sempre sonhar... pelas palavras de conforto quando precisei e por me tornar um pouco melhor enquanto ser humano... obrigada...

Por fim, obrigada, muito obrigada **Deus**, pela vida, por todas as provações que colocas em meu caminho, por me permitir vencê-las sempre com minha fé um pouco mais fortalecida, por me conceder ter todas essas pessoas ao meu lado... por me mostrar como é belo e infinito o teu amor por mim, por todos nós... meu eterno obrigada **Deus**...

À minha fortaleza, minha luz... DEUS.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Municípios com as respectivas micro e mesorregiões do Alto Curso do Rio Paraíba.....	25
Tabela 2. Municípios com as respectivas micro e mesorregiões da Sub-bacia do Rio Taperoá.....	25
Tabela 3. Classificação dos valores de densidade de drenagem.....	28
Tabela 4. Índice Padronizado de Precipitação Modificado e categorias de secas.....	31
Tabela 5. Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba.....	32
Tabela 6. Transformação da imagem do formato raster em vetor.....	35

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização da área de estudo.....	24
Figura 2. Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba e sub-bacia do rio Taperoá.....	34
Figura 3. Modelo de forma geométrica de uma bacia hidrográfica triangular.....	35
Figura 4. Modelo de forma geométrica de uma bacia hidrográfica circular.....	36
Figura 5. Modelo de forma geométrica de uma bacia hidrográfica retangular.....	36
Figura 6. Modelo Digital de Elevação da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba e sub-bacia do rio Taperoá.....	37
Figura 7. Declividade média da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba e sub-bacia do rio Taperoá.....	38
Figura 8. Declividade média e respectivos municípios que compõem a bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba e sub-bacia do rio Taperoá.....	39
Figura 9. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão (DP) das localidades que compõem o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.....	40
Figura 10. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão para os locais situados à margem esquerda (N) do alto curso do rio Paraíba.....	41
Figura 11. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da chuva para os locais situados à margem direita (S) do alto curso do rio Paraíba.....	41
Figura 12. Medianas anuais de chuvas dos locais situados à margem esquerda (Norte) do alto curso do rio Paraíba.....	42
Figura 13. Medianas anuais de chuvas dos locais situados à margem direita (sul) do alto curso do rio Paraíba.....	42
Figura 14. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da estação chuvosa na margem esquerda (Norte) do alto curso do rio Paraíba.....	43

Figura 15. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da estação chuvosa na margem direita (Sul) do alto curso do rio Paraíba.....	44
Figura 16. Relação entre as médias mensais esperadas de chuva no alto curso do Rio Paraíba e a observada no ano mais chuvoso.....	44
Figura 17. Médias mensais de contribuições individuais (CI) e acumuladas (CAC) da chuva, dos locais situados às margens esquerda (Norte) do alto curso do Rio Paraíba.....	45
Figura 18. Médias mensais de contribuições individuais (CI) e acumuladas (CAC) da chuva, dos locais situados às margens direita (sul) do alto curso do Rio Paraíba.....	45
Figura 19. Relação entre as contribuições individuais (CI) e área de captação (AC), para os locais, as margens Norte do alto curso do Rio PB.....	46
Figura 20. Relação entre as contribuições individuais (CI) e área de captação (AC), para os locais, as margens sul (direita) do alto curso do Rio PB.....	47
Figura 21. Relação entre a área de drenagem superficial total (ADT) e a precipitação pluvial-média anual, para os locais às margens Norte e Sul do alto curso do Rio Paraíba.....	47
Figura 22. Contribuição pluvial (CP) e área de contribuição parcial (ACP) das áreas territoriais dos locais que integram o alto curso do Rio Paraíba.....	48
Figura 23. Medianas anuais de chuvas nas localidades as margens norte do alto curso do Rio Paraíba.....	49
Figura 24. Medianas anuais de chuvas nas localidades as margens sul do alto curso do Rio Paraíba.....	50
Figura 25. Médias dos índices padronizados de precipitação pluvial modificado (SPIM), para os meses mais chuvosos, das localidades ao Norte e ao Sul do alto curso do Rio Paraíba.....	51

Figura 26. Médias mensais dos índices de erosão (EI), de fevereiro a julho, das margens norte e sul do alto curso do Rio Paraíba.....	51
Figura 27. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da chuva para a sub-bacia do Rio Taperoá.....	52
Figura 28. Comparação das medianas da chuva do alto curso do Rio Paraíba com a sub-bacia do Rio Taperoá.....	53
Figura 29. Medianas anuais de precipitação pluvial, por localidade, da sub-bacia do Rio Taperoá.....	54
Figura 30. Relação entre as médias anuais de chuvas e mediana dos 20 locais que compõem a sub-bacia do Rio Taperoá.....	54
Figura 31. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da precipitação pluvial, para os meses da estação chuvosa, da sub-bacia Rio do Taperoá.....	55
Figura 32. Comparação das médias mensais dos índices padronizados de precipitação pluvial modificado (SPIM) do alto curso do Rio PB com os da sub-bacia do Rio Taperoá.....	55
Figura 33. Médias mensais dos índices de erosão (EI), de fevereiro a julho, da sub-bacia do Rio Taperoá e do alto curso do Rio Paraíba.....	56
Figura 34. Comparação entre as médias mensais esperadas de chuva da sub-bacia do Rio Taperoá e a observada no ano mais chuvoso.....	57
Figura 35. Comparação dos totais mensais de chuva da sub-bacia do Rio Taperoá, no ano mais chuvoso, com os do alto curso do Rio Paraíba.....	57
Figura 36. Contribuições mensais da precipitação pluvial (CI) no alto curso do Rio Paraíba e na sub-bacia do Rio Taperoá.....	58

MARINHO, C. F. C. E. Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Campina Grande, 2011. 67P. Monografia de Pós Graduação, em GeoAmbiência e Recursos Hídricos do Semiárido, Pró Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa – PRPGP, Coordenação do Programa de Pós Graduação Lato Sensu, Departamento de Geografia _ DG/ Universidade Estadual da Paraíba / UEPB

RESUMO

A caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba é um dos primeiros e mais comuns procedimentos necessários nas análises hidrológicas ou ambientais, por permitir quantificar e estabelecer essas variáveis, sendo essas determinações os objetivos principais deste trabalho. Tendo, ainda, os objetivos específicos de estabelecer os principais parâmetros morfométricos, o regime pluvial, a hierarquia fluvial e outras características hídricas e hidrológicas. A parcela experimental deste trabalho foi a bacia hidrográfica do Rio Paraíba, nos trechos denominados de alto curso do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá, delimitados pela latitude de 06°51'47" a 08°18'12" S e longitude de 36°00'10" a 37°21'22" W e área drenante de 12.389,14 km². A análise linear, areal e hipsométrica foi elaborada com o auxílio do software ArcGis 9.3 que permitiu, em ambiente SIG, extrair os seguintes parâmetros morfométricos: área, perímetro, comprimento da bacia, comprimento do rio principal, densidade hidrográfica e de drenagem, índice de forma, amplitude altimétrica, padrão de drenagem, dentre outros. A caracterização do regime hídrico foi feita utilizando-se dados pluviais das 41 localidades que compõem o alto curso da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá, cedidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), em Campina Grande. Os dados mensais e anuais foram analisados estatisticamente, sendo determinadas as principais características do regime pluvial local e da bacia hidrográfica, a contribuição da precipitação pluvial, para cada local, a vazão potencial de escoamento superficial bruta, os índices mensais de erosão e os padronizados da precipitação modificado. Os principais resultados mostraram que o rio principal mede 198 km, a sinuosidade é retilínea, o padrão de drenagem é predominantemente dentrítica e densidade de 0,76 km/km². A hierarquia fluvial é de 6ª ordem, há 0,622 canais por cada km² e a relação de relevo é de 0,43 %. O regime de distribuição de chuva é irregular, assimétrico e a mediana é a medida de tendência central mais provável de ocorrer. A margem norte do alto curso do Rio Paraíba é mais chuvosa que a sul, drena 84,4% a mais e os índices padronizados de precipitação modificada foram 66,7 % maiores. Os meses de janeiro a maio, constituem a curta estação chuvosa, e contribuem com 60% de toda vazão superficial do alto curso. Os municípios de Coxixola (margem norte) e Congo (margem sul) têm as menores áreas de contribuição para o escoamento superficial no alto curso do Rio Paraíba e as chuvas que ocorrem de fevereiro a abril têm maior poder erosivo e representam 68,2 % do potencial erosivo anual. O software ArcGis é um tecnologia que permite caracterizar e quantificar os parâmetros morfométricos de um bacia hidrográfica.

Palavras-chave: semiárido, chuva, bacia hidrográfica, morfométrica, regime pluvial.

ABSTRACT

The water and morphometric characterization of the upper course of Paraíba River basin is one of the earliest and most common procedures in the hydrological or environmental analysis quantify and establish for allowing these variables, these determinations primarily be the goals of this work. Thus, the specific objectives of establishing the main morphometric parameters, the rainfall, the hierarchy and other river water and hydrological features. The experimental plot of this work was the basin of the Paraíba River, in sections called the upper reaches of the Rio Paraíba and sub-basin of the Rio Taperoá, delimited by latitude 06°51'47" to 08°18'12" S and longitude 36°00' 10' to 37°21'22" W and drainage area of 12389.14 km². The analysis of linear, aerial and hypsometric was prepared with the help of ArcGIS 9.3 software that allowed in a GIS environment, extract the following morphometric parameters: area, perimeter, basin length, length of main river basins and drainage density, index shape, range in height, drainage patterns, among others. The characterization of the water regime was done using 42 sets nonstop rain, the localities that make up the upper reaches of the Paraíba river basin and sub-basin of the Rio Taperoá, assigned by the Executive Agency for Water Management of the State of Paraíba (AESAs) in Campina Grande city. The monthly and annual data were statistically analyzed, and determined the main features of local rainfall patterns and catchments, the contribution of rainfall, for each location, the flow of runoff potential gross monthly data and the erosion of the standard precipitation changed. The main results showed that the main river measures 198 km, the sinuosity straight, the drainage pattern is dendritic and density was 0.76 km/km². The hierarchy river is 6th order, for each channel is 0.622 km² and a list of relief was 0.43%. The regime of rainfall distribution is irregular, asymmetric, and the median is the measure of central tendency most likely to occur. The north margin of the Paraíba River is rainier than to south, drains and 84.4% more modified standardized precipitation indices were 66.7% higher. The months January to May, are the short rainy season, and contribute 60 % of all flow from the top surface course. The municipalities of Coxixola (North margin) and Congo (south margin) they have the smallest contribution areas for the superficial drainage in Rio Paraíba's and the rains that occur from February to April have greater erosive power, and represent 68.2% of Annual erosive potential. The software ArcGis is a technology that allows to characterize and to quantify the morphometric parameters of a watershed.

Keywords: semi-arid, rain, river basin, morphometry, rainfall patterns.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Gestão dos recursos hídricos.....	13
2.2 Adoção de bacias hidrográficas como unidades de planejamento ambiental.....	15
2.3 Análise e caracterização de bacias hidrográficas.....	17
2.4 Análise da erosão em bacias hidrográficas.....	20
2.5 Variabilidade pluvial e o fenômeno da seca.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Caracterização da área de estudo.....	24
3.2 Procedimentos e coleta de dados.....	26
3.2.1 Análise linear, areal e hipsométrica.....	26
3.2.2 Caracterização do regime de distribuição pluvial.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
4.1 Caracterização morfométrica do alto curso do Rio Paraíba e sub-bacia do Taperoá.....	32
4.2 Caracterização do regime pluvial do alto curso da bacia hidrografia do Rio Paraíba e da sub-bacia do Taperoá.....	40
5. CONCLUSÕES.....	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

A deterioração na paisagem natural, especialmente os recursos hídricos, tem sido uma das questões mais preocupantes no mundo científico, pois as consequências dessa ação na dinâmica da natureza são preocupantes para as populações futuras.

Mediante esta contextura, há uma ampla preocupação com o gerenciamento dos recursos hídricos em âmbito mundial. Diversas ações de forma conjunto e/ou isolada vêm sendo realizadas atualmente procurando amenizar os efeitos da escassez de água, sem, contudo representarem soluções adequadas ou definitivas.

As ações integradas no manejo das bacias e das sub-bacias hidrográficas introduzem um novo “modelo” de gestão de desenvolvimento sustentável, que visa preservar efetivamente os recursos naturais, integrando o homem ao meio. Neste contexto, a interação homem versus ecossistema se inicia por um planejamento do uso dos recursos naturais, ou seja, por planos e ações de ocupação do espaço físico.

A gestão dos recursos hídricos, numa bacia hidrográfica, vem se sedimentando como um elemento unificador, pois as ações a serem desencadeadas neste processo não ficam mais atreladas como unidades administrativas. O manejo integrado de microbacias hidrográficas no semiárido deve preceder de diagnósticos socioeconômico, ambiental, de vegetação, de solo (ROCHA & KURTS, 2001).

As bacias hidrográficas têm caráter integrador e, portanto, são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e até sociais, por possibilitarem acompanhar as mudanças antrópicas e as suas respectivas respostas da natureza (GUERRA & CUNHA, 1996).

Sendo portanto, diante deste contexto, a precipitação pluvial o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal, na maioria das regiões do mundo e, em especial, no semiárido nordestino. Assim, o estudo da precipitação tem se revelado num dos tópicos mais importante da meteorologia mundial (ALMEIDA & SILVA, 2008).

O modelo mensal e intra-anual de chuvas no semiárido paraibano além de ser extremamente irregular, há anos em que a chuva se concentra em um a dois meses e em outros chovem torrencialmente, embora de forma irregular tanto no espaço quanto no tempo (ALMEIDA & PEREIRA, 2007).

O alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá drenam água para o segundo maior reservatório do Estado, o açude Epitácio Pessoa, que é responsável

pelo abastecimento de água de Campina Grande e de cerca de vinte cidades do Compartimento da Borborema.

O presente estudo justifica-se pela importância hídrica que o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá desempenham para o estado da Paraíba e, portanto, houve a necessidade de se conhecer, mediante critério científico, o regime hídrico e as características morfométrica desse curso de água, em que a partir dessa caracterização os órgãos governamentais poderão elaborar políticas públicas que permitam promover o desenvolvimento sustentável com bases nas potencialidades que este recorte territorial oferece.

Diante deste contexto, estabelecer as principais características hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, constituíram os objetivos principais deste trabalho, tendo, ainda, os seguintes objetivos específicos para o citado curso d'água:

- Estabelecer os principais parâmetros morfométricos: comprimento do rio principal, área, perímetro, padrão de drenagem, densidade hidrográfica, índice de forma, densidade de drenagem, amplitude altimétrica, declividade, hierarquia fluvial, MDT, dentre outras;
- Estabelecer o regime pluvial e a estação chuvosa;
- Analisar estatisticamente as séries pluviométricas mensais e anuais dos municípios que compõem o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá;
- Quantificar os percentuais de área de contribuição territorial e de precipitação pluvial, na estação chuvosa;
- Determinar a vazão pluvial potencial bruta do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá;
- Determinar os índices padronizados de precipitação modificados e estabelecer as diferentes categorias de umidade ou de seca;
- Estimar os índices de erosão e estabelecer o “modelo” de distribuição temporal;
- Determinar a contribuição parcial da precipitação pluvial, por município, que compõe o alto curso do Rio Paraíba.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão dos recursos hídricos

As demandas de água no mundo aumentam diariamente, em função do crescimento populacional, das mudanças nos processos de produção, hábitos de higiene, conforto e exigências de qualidade ambiental e de vida da população. Por isto, os maiores objetivos no século 21 são a busca pela maior disponibilidade da oferta de água, por um menor custo, e a otimização do seu uso, ou seja, produzir cada vez mais, utilizando cada vez, um volume menor de água (REBOUÇAS, 2002).

Estudos divulgados pelo Atlas de Água do Nordeste mostram que mais de 70 % das cidades com população acima de 5 mil habitantes do semiárido nordestino enfrentarão crise no abastecimento de água, para consumo humano, até 2025, mesmo com a integração da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Cerca de 41 milhões de habitantes desta região e entorno terão problemas com o abastecimento de água em cerca de 1.300 municípios, dos nove estados do nordeste e norte de Minas Gerais. Caso não sejam feitos investimentos recomendados por este estudo, outros 41 milhões não terão a oferta de água garantida para consumo humano (ANA, 2010).

Segundo Barlow & Clarke (2003), os dados do *The United Nations world water development report*, mostram que das 261 bacias internacionais de 145 nações, um terço (87) são compartilhadas com mais de dois países e dezenove, por cinco ou mais. O México, por exemplo, que retira água dos rios Colorado e Grande tem que devolver água tratada a seu vizinho do norte. Há prognósticos que indicam a falta de água nos EUA nas próximas décadas, muito embora a escassez já ocorra em alguns estados, tais como, na Califórnia, Novo México, Texas e Florida.

Diante deste contexto, ampla preocupação com o gerenciamento dos recursos hídricos em âmbito mundial surge o que se denomina de governança da água que de acordo com Franca (2010) é definido como:

Um conceito recente que trata das alternativas de arranjos institucionais utilizados no gerenciamento das águas, de forma a contribuir para o desenvolvimento econômico e o bem estar das populações das regiões semiáridas. Isso inclui a criação de instituições de gerenciamento, com pessoal técnico capacitado e vínculos permanentes, a criação de instâncias decisórias que envolvam diferentes níveis de governo e organizações da sociedade, instâncias de articulação com as localidades que padecem dos

problemas da carência de água e com as organizações de defesa civil, entre outras.

Rebouças (*op. cit*) salienta que o Brasil ostenta a maior descarga de água do mundo nos seus rios (260.000 m³/s), no entanto, este valor acaba tendo pouco significado prático, uma vez que 80% destas descargas estão nas regiões menos povoadas.

Assim, a lei 9.433/97, conhecida com lei das águas, se configura como um avanço para direcionar a gestão dos recursos hídricos no Brasil, institui a política nacional dos recursos hídricos. Seu primeiro princípio estabelece adoção da bacia hidrográfica, como unidade de planejamento, a fim de determinar o perímetro da área a ser planejada de forma a proporcionar o confronto entre a disponibilidade e a demanda, essenciais na determinação do balanço hídrico.

A referida Lei descreve com clareza os cinco princípios básicos da gestão das águas ou dos seus recursos hídricos: adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, usos múltiplos da água, quebrando a indesejável hegemonia do setor hidrelétrico sobre os demais, o reconhecimento da água com um bem finito e vulnerável, reconhecimento do valor econômico da água e gestão descentralizada e participativa.

Com relação ao reconhecimento do valor econômico da água, Martins & Felicidade (2003), ressaltam que a criação de “mercados” de direitos de uso da água não é uma forma alternativa de gestão dos recursos hídricos, mas uma nova frente para investimentos e acumulação de capital, mantendo, evidentemente, todas as características excludentes que o processo resguarda. Por outro lado, Rebouças (*op. cit*) menciona que a cobrança deverá ser utilizada como um instrumento indutor do uso racional da gota de água disponível, de modo que incentive o uso cada vez mais eficiente.

São aspectos relevantes desta lei, cinco instrumentos essenciais, o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a outorga de direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo direito de uso da água, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso e o sistema nacional de informações sobre recursos hídricos.

Ressalte-se, ainda, que a Lei 9.433/97 estabeleceu um arranjo institucional baseado em novos tipos de organizações para a gestão compartilhada do uso da água, tais como: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os comitês de bacias hidrográficas, as agências da água e as organizações civis de recursos hídricos.

Rebouças (*op. cit.*) destaca que o grande desafio, neste contexto, para sociedade brasileira, incluindo seu meio técnico, é modificar a idéia atual, historicamente estabelecida, de que a expansão da oferta de água é a única solução para os problemas de recursos hídricos.

Lembra que será o uso cada vez mais eficiente da água disponível (chuva, rios, subterrânea e o reuso, principalmente), a única alternativa para se atender demandas cada vez mais crescentes com um recurso natural limitado, ressalta que esta é uma experiência de sucesso comprovado em muitos países relativamente desenvolvidos do mundo.

Quanto à lei das águas, reconhece o avanço que esta representou para gestão dos recursos hídricos, visto que propôs que esta seja descentralizada e participativa e representada pelo poder público, os usuários e a sociedade organizada. No entanto, menciona a necessidade de se dá mais ênfase as águas subterrâneas, uma vez que a referida lei coloca em destaque as águas superficiais.

Destarte, é urgente ações por parte dos órgãos governamentais e da sociedade civil organizada a fim de mitigar a escassez de água, sendo a bacia hidrográfica reconhecida internacionalmente como unidade ideal de planejamento ambiental e de uso da terra.

2.2 Adoção de bacias hidrográficas como unidades de planejamento ambiental

Rocha & Kurts (2001) salientam que a Alemanha bem como o Japão, destruídos pela guerra, hoje lideram a economia mundial porque investiram concentradamente todos os seus esforços na educação e na recuperação ambiental. Descobriram que o meio ambiente equilibrado produz riquezas continuamente e isto só se consegue com o manejo integrado de bacias hidrográficas. Israel, manejando e gerenciando o Rio Jordão, conseguiu transformar o deserto em jardim hortisilvigranjeiro, produzindo alimentos para milhões de pessoas. Ressalta-se, entretanto, que esse país tem um potencial hídrico per capita de apenas 370 m³/ano, classificado pela ONU como muito pobre de água, haja vista que os considerados muito ricos dispõem de mais de 100 mil m³ de água por ano, per capita. Os EUA alcançaram as maiores produções agrícolas, adotando-se manejo adequado das suas bacias hidrográficas, sendo atualmente considerado um dos maiores produtores de grãos do mundo.

Rocha & Kurts (2001) citam que o manejo integrado de uma bacia hidrográfica requer a elaboração de onze diagnósticos: físicoconservacionista, socioeconômico, socioambiental, da água (recursos hídricos), da vegetação, do solo, da fauna, poluição doméstica (lixo e esgoto), das minerações, da poluição industrial e diagnóstico do passivo ambiental eMergia¹.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento formal ocorreu nos Estados Unidos, com a criação da Tennessee Valley Authority (TVA), em 1933, e a partir

¹ Kilocaloria perdida na sub-bacia hidrográfica pela ação antrópica sobre os recursos naturais renováveis, cujo fenômeno é determinado por alguns autores de eMergia ou energia negativa (refere-se ao passivo ambiental).

desta data foi adotada no Reino Unido e na França (OYEBANDE & AYODE, 1986; ZINCK, 1996, apud BOTELHO, 1999).

Guerra & Marçal (2006) chamam atenção para a relevância da bacia hidrográfica na recuperação de áreas degradadas, assim como a necessidade de se conhecer a sua formação, constituição e dinâmica, para que as obras de recuperação sejam permanentes e eficazes, bem como para que seja possível um melhor aproveitamento dos recursos hídricos, para que desperdícios e danos ambientais, frequentes nas bacias hidrográficas

Para Rocha (1991), os impactos ambientais que ocorrem no meio rural e urbano se “refletem” nos rios e nos açudes e, portanto, eles têm um papel importantíssimo de informar o que acontece nesses ecossistemas. Por isso, o diagnóstico de deterioração física conservacionista deve ser sempre o primeiro a se elaborar para uma bacia, sub-bacia ou microbacia hidrográfica.

Botelho (*op. cit.*) menciona que são diversos os pesquisadores que consideram a bacia hidrográfica como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as interrelações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua escultura. Compreendendo-se deste modo que a bacia hidrográfica é uma unidade ideal para o planejamento ambiental e de uso da terra como já citado anteriormente.

Numa escala menor, a microbacia constitui a célula de um programa integrado, cujas ações devem contemplar interesses e necessidades das comunidades nela inseridas, no que concerne a melhoria da produtividade, da renda e do bem estar, ao lado da imprescindível conservação dos recursos naturais (ALMEIDA & ESTEVAM, 2007).

Pereira & Molinari (1995) ressaltaram que em termos de unidade de estudo e operação, a microbacia hidrográfica é a unidade espacial de planejamento mais apropriada, pois permite o controle mais objetivo dos recursos humanos e financeiros, o que favorece a integração de práticas de uso e manejo do solo e da água, além da organização comunitária. Deste modo, o trabalho em microbacias hidrográficas cria condições que tornam compatíveis as atividades produtivas e a preservação e conservação ambiental.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento permite uma avaliação contínua e eficiente do complexo ambiental, além de constituir em um instrumento útil para a administração e tomada de decisões sobre o ambiente, haja vista que está baseada em fatores ecológicos mutáveis (GUERRA, SILVA & BOTELHO, 1999).

O planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é uma necessidade social que visa diminuir ou eliminar os riscos de inundação, nas áreas onde não deve ser ocupada. O

conhecimento científico atual recomenda o desenvolvimento sustentado de bacias hidrográficas, que se baseia no aproveitamento racional dos recursos com mínimo dano ao ambiente (BOTELHO, *op. cit.*).

Para Tucci (1993 e 1997), a ação do homem no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço (terra) requer, cada vez mais, uma visão ampla sobre as necessidades da população. Em que os recursos terrestres e aquáticos disponíveis e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais numa bacia hidrográfica têm que se compatibilizarem, racionalmente, as necessidades crescentes de consumo de água com as limitações dos recursos hídricos. No tocante a qualidade da água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica, este parâmetro está relacionado com o uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes de poluição.

Ainda no que concerne a qualidade da água, Arcova & Cicco (1999) salientam que esta pode ser influenciada por diversos fatores, dentre os quais, a topografia, a geologia, a cobertura vegetal, assim como o uso e o manejo do solo.

Pissarra (1998) ressalta que a bacia hidrográfica é adotada como unidade de planejamento ambiental, em escala mundial, não apenas por representar uma unidade física bem caracterizada, mas porque toda área de terra, por menor que seja se integra a uma bacia.

2.3 Análise e caracterização de bacias hidrográficas

De acordo Rocha & Kurts (*op.cit*) a bacia hidrográfica é uma área delimitada por um divisor de águas que drena a água de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, desaguando diretamente no oceano ou num lago. Os conceitos de sub-bacias e microbacias são semelhantes ao de bacia hidrográfica, acrescido do enfoque de que o deságue se dá diretamente em outro rio. As sub-bacias hidrográficas têm dimensões superficiais que variam entre 20 e 300 mil ha, embora essas áreas possam variar de acordo com a região do país. Já, as microbacias são menores que 20 mil hectares. No concerne ainda ao conceito de bacia hidrográfica, Botelho (*op. cit.*) afirma que:

Entende-se como bacia hidrográfica ou bacia de drenagem a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água. A bacia hidrográfica é uma célula natural que pode, a partir da definição do seu *outlet* ou ponto de saída, ser delimitada sobre uma base cartográfica que contenha cotas altimétricas, como as cartas topográficas, ou que permita uma visão tridimensional da paisagem, como as fotografias aéreas.

As bacias hidrográficas ou bacias de drenagem, como um sistema natural podem ser desmembradas em um número de sub-bacias, a depender do ponto de saída considerado ao longo do canal coletor (GUERRA & CUNHA, 1994).

A partir de 1945, a análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo, tendo sido muito importante a publicação do notável trabalho do engenheiro hidráulico Robert E. Horton que procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias, propondo de maneira precisa, os critérios que determinam a hierarquia fluvial. Posteriormente surgiram outros sistemas, como os de Arthur N. Strahler em e de Adrian E. Scheidegger. A análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pelo estabelecimento da hierarquização fluvial, para então determinar-se a análise dos aspectos lineares, areais e hipsométricos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para Leinz (1970) os rios são elementos constituintes da paisagem, ou seja, são unidades específicas da natureza que juntamente com outros elementos formam a paisagem. “As águas correntes que brotam das fontes, mais as águas das chuvas que se escoam superficialmente formam pequenos córregos que se ajuntam, se avolumam, dando finalmente origem aos rios”.

Almeida (2002) ressalta que o rio torna-se o elemento mais importante da paisagem por transportar água e material oriundo das partes mais elevadas do relevo agindo como modelador terrestre. Neste sentido, é importante ressaltar que a parte mais elevada tem-se, quando se unem os pontos de mesma altitude formando as curvas de nível, que ao contornarem o rio formam a figura topográfica da bacia hidrográfica. Essa configuração passa a ser definida pela topografia, cuja área contempla, enquanto sistema de estrutura aberta, a captação e troca de matéria e energia.

Christofoletti (*op. cit*) salienta que os rios funcionam como canais de escoamento. Sendo o escoamento fluvial, parte integrante do ciclo hidrológico, em que sua alimentação ocorre por meio das águas subterrâneas e superficiais, assim define que:

“O escoamento fluvial compreende, portanto, a quantidade total de água que alcança os cursos de água, incluindo o escoamento pluvial, que é imediato, e a parcela das águas precipitadas que só posteriormente, e de modo lento, vai se juntar a eles através da infiltração.”

De acordo com o referido autor, um conjunto de canais de escoamento interrelacionados compõe a drenagem fluvial, que por sua vez forma a bacia de drenagem, definida como “a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial”.

Dependendo do fluxo de água transportado pelo rio, há diferentes regimes, tais como: efêmero, intermitente ou perene. No que se refere aos tipos de canais fluviais que correspondem ao modo de se padronizar o arranjo espacial que o leito apresenta ao longo do rio, estes são classificados como, meandrante, anastomasado, reto, deltaico, ramificado, reticulado e irregular.

Quanto à relação existente entre o rio e o lençol subterrâneo, no que concerne ao fluxo de água, Christofolletti (*op. cit*) destaca que os rios são chamados de efluentes, em regiões úmidas, pois recebem contribuição contínua de água do subsolo e de influentes, nas regiões secas, uma vez que perdem água para o subsolo.

Destaca-se, também, o que acontece na bacia de drenagem, repercute de forma direta ou indireta nos rios. A morfogênese das vertentes é controlada pelas condições climáticas, a litologia e a cobertura vegetal e, por sua vez, pelo tipo de carga detrítica a ser fornecida ao rio. Deste modo, a análise e o estudo dos cursos de água só podem ser realizados, tendo-se por base uma perspectiva global do sistema hidrográfico.

Dependendo da maneira como as águas fluem, as bacias de drenagem podem ser classificadas em exorreicas (quando as águas drenam direta ou indiretamente para o mar), endorreicas (quando as águas caem em um lago ou no mar fechado), arreicas (quando as águas se escoam alimentando os lençóis freáticos) e criptorreicas (quando o rio se infiltra no solo sem alimentar lençóis freáticos ou evapora).

Os padrões de drenagem estão relacionados, também, ao modo como os cursos fluviais se arranjam espacialmente, estes podem ter influência em seu processo morfogenético pela natureza e disposição das camadas rochosas, pelas diferenças de declividade, pela resistência litológica, assim como pela evolução geomorfológica da região. Por isso, os tipos básicos dos padrões de drenagem são: detrítica, drenagem em treliça, retangular, paralela, radial, anelar e drenagens desarranjadas ou irregulares (CHRISTOFOLETTI, *op. cit*).

Com relação à análise linear da rede hidrográfica, o autor menciona ainda que pode-se determinar os seguintes parâmetros: as relações de bifurcação e o comprimento médio dos canais de cada ordem, o comprimento do rio principal e a extensão do percurso superficial. No tocante a análise areal, pode-se calcular a área da bacia, comprimento da bacia, forma da bacia, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção. Já a análise hipsométrica inclui a amplitude altimétrica, índice de rugosidade, declividade média, dentre outros.

No contexto de estudos de compreensão de fenômenos meteorológicos e hidrológicos que afetam os processos erosivos e sedimentológicos, Christofolletti (1969), citado por Silva,

Schulz & Camargo (2004), ressaltou que a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

Para Beltrame (1994) ao avaliar a densidade de drenagem, por exemplo, se conhece o potencial da bacia e de seus setores. A capacidade de drenagem pode permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação dos canais.

Segundo Villela & Mattos (1975) a densidade de drenagem “varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia”, Beltrame (1994) ressaltou que esta densidade pode variar de 0,5 km/km² para bacias de drenagem baixa ou mal drenadas devido a elevada permeabilidade ou precipitação escassa a 3,5 km/km² para bacias bem drenadas ou bacias excepcionalmente bem drenadas, que ocorre em áreas com elevada precipitação pluvial ou em superfícies muito impermeáveis. Para Ranzani (1969) “a declividade do terreno se refere à inclinação da superfície do solo relativamente ao plano horizontal”.

No que concerne a forma Rocha & Kurts (*Op. cit.*) ressaltam que bacias hidrográficas de formas retangulares, trapezoidais ou triangulares (figuras geométricas de área mínima) são menos suscetíveis a enchentes do que as bacias no formato circular, oval ou quadrada (figuras geométricas de áreas máximas). Por isso, têm maiores possibilidades de acumular águas de chuvas mais intensas em toda a sua extensão simultaneamente, concentrando grande volume de água no tributário principal.

2.4 Análise da erosão em bacias hidrográficas

O tema erosão tem sido intensivamente estudado sob vários pontos de vista em todas as partes do mundo, no sentido de produzir conhecimento técnico-científico em diversas áreas. O “design” de métodos de estudos e de abordagem em erosão varia basicamente com a natureza do fenômeno a ser estudado (SILVA, SCHULZ & CAMARGO, 2004).

Segundo Guerra, Silva & Botelho (*op. cit.*) a erosão é o efeito da degradação ambiental e o responsável pelo início de todos os problemas causadores do assoreamento nos corpos d'água. Por isso, o conhecimento dos processos erosivos que ocorrem na bacia de contribuição de um reservatório é fundamental para o entendimento dos fenômenos de geração e movimento dos sedimentos para o interior da bacia.

Guerra, Silva & Botelho (*op. cit.*) salientam ainda que para a caracterização dos fenômenos de erosão é necessário o conhecimento dos principais atributos da bacia que intervêm na dinâmica dos processos erosivos, tais como tipo e cobertura do solo, geologia, geomorfologia, topografia, regimes de precipitação, vento e as práticas conservacionistas adotadas pelo homem.

Almeida & Estevam (2008) ressaltam que a erosão hídrica é o resultado da ação do impacto das gotas da chuva e do escoamento superficial resultando na erodibilidade do solo, sendo caracterizada pelas fases de desagregação, transporte e deposição. Na realidade, a erosão é um indicador da perda (desgaste) realizado pela água corrente ocasionada pela relação mecânica dos processos pluvial e fluvial.

Como os registros pluviográficos são difíceis, diversos autores correlacionaram o índice de erosão com a precipitação pluvial, cujo coeficiente proposto por Fournier *apud* Silva, Schulz & Camargo (2004), determina a relação entre o quadrado da altura da chuva mensal, em mm, com a altura da chuva anual, em mm.

Na erosão fluvial destaca-se a importância dos rios como agentes de transporte dos materiais intemperizados dos continentes para os oceanos que é ratificada pelo fato da drenagem exorréica drenar algo em torno de 68 % das águas que escoam superficialmente (CHRISTOFOLETTI, *op. cit.*).

Os rios são poderosos agentes geomorfológicos capazes de erodir, transportar e depositar sedimentos, a potência de um rio pode ser definida como sua capacidade de realizar o trabalho do rio de erodir e transportar sedimentos, assim, a sua potência aumenta com a vazão, a declividade do canal e a densidade da água (NOVO, 2008).

A autora resalta também que a erosão dos canais e leitos fluviais pode ocorrer através de três processos diferentes: a corrosão, abrasão (corrasão) e cavitação. O primeiro se dá por intemperismo químico que resulta do contato da água com o canal e o leito fluvial. O segundo representa a ação mecânica da água que ao se mover sobre o leito e dentro do canal, remove as camadas já intemperizadas. O último ocorre em canais cujas correntes estão sujeitas a grande velocidade, tais como em trechos de corredeiras e queda d'água. Salienta que os rios podem erodir seus canais verticalmente, aprofundando o talvegue, ou lateralmente, alargando o canal, sendo estes processos denominados, erosão vertical e lateral, respectivamente.

De acordo com Guerra, Silva & Botelho (*op. cit.*), o processo de erosão pluvial pode ser dividido nos estágios de salpicamento (splash), formação de poças (ponds) e escoamento superficial (runoff), este é o responsável pelos processos erosivos de superfície, provocando a erosão laminar, o fluxo linear, o desenvolvimento e a formação de microrravinas com

cabeceiras, e as ravinas que podem evoluir por processos erosivos de maior proporção, as voçorocas. Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1989) *apud* Novo (*op. cit.*) até 50 cm de largura e profundidade são consideradas ravinas, e denominadas voçorocas acima de 50 cm de largura e profundidade.

2.5 Variabilidade pluvial e o fenômeno da seca

A seca pode ser definida como o fenômeno acarretado pela falta, ausência ou carência de chuva. Palmer (1965) destaca que a seca é a falta de chuva ou o período no qual a sua ausência ocasiona problemas sociais. Wilhite & Glantz (1987) ressaltam que o intervalo de tempo é normalmente da ordem de meses ou de anos nos quais os totais de precipitação são menores que a média climatológica ou quando a disponibilidade hídrica é inferior ao esperado.

Para Wilhite & Glantz (*op. cit.*) e Rasmussen (1993) a seca é reconhecida por diferentes percepções e setores da sociedade, podendo ser classificada em quatro tipos: hidrológica, meteorológica, agrícola e socioeconômica. No entanto Mckee *et al.* (1993) menciona que não há uma definição de seca válida para qualquer região ou época.

A seca hidrológica resulta da redução no volume de água disponível, incluindo lençol freático, reservatórios e rios, enquanto que a meteorológica é resultado de um déficit de precipitação pluvial (WILHITE, 2000).

Quanto à seca agrícola, refere-se à baixa disponibilidade de umidade no solo, isto é, quando há insuficiência no suprimento de água para as culturas WMO (1975), sendo a socioeconômica, uma consequência das demais, caracterizando-se de forma monetária (KEYANTASH & DRACUP, 2002).

Marengo (2008) citou que a principal manifestação da variabilidade climática no Nordeste brasileiro é a seca. Há relatos da ocorrência deste fenômeno no semiárido nordestino desde o século 17, com destaque para as grandes secas de 1710-11, 1723-1727, 1736-57, 1744-45, 1777-1778, 1808-09, 1824-25, 1835-1837, 1844-45, 1877-79, 1982-83, 1997, 1998, assim como as menores que ocorreram em outras épocas. Embora estudos anteriores tenham chegado a indicar que esse fenômeno se repetia a intervalos de tempo regulares e, portanto, poderia ser previsto estatisticamente, atualmente, com modelo mais complexos, essa teoria não é bem aceita cientificamente.

Dentre os inúmeros indicadores que têm sido utilizados para quantificar, monitorar e comparar a seca, tanto em escala temporal, quanto espacial, destaca-se o Índice Padronizado

de Precipitação (“Standardized Precipitation Index”, SPI), desenvolvido por Mckee et al. (1993 e 1995), ou com o índice padronizado da precipitação modificado, proposto por Almeida & Silva (2008) visto que permite quantificar os diferentes níveis de umidade ou de secas a diferentes escalas de tempo.

Blain & Brunini (2007) realizaram monitoramento das secas agrícolas e meteorológica para o Estado de São Paulo, utilizando o SPI, que se mostrou eficaz para detectar o início das diversas categorias de secas, nas escalas decendial e mensal. Blain (2005) ressalta que a seca só tem início quando o SPI for negativo e atingir o valor de -1 e termina quando começa a exibir valores positivos.

De acordo com Morton (1983), o planejamento e o manejo de recursos hídricos têm sido deficientes, porque desconsidera que a evapotranspiração, em algumas épocas do ano, é maior que a precipitação e o escoamento superficial. No entanto, não há razões para se desprezar a maior perda natural de água para atmosfera, já que há centenas de métodos para estimar a evapotranspiração, desde os mais simples até os mais complexos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A parcela experimental deste trabalho corresponde a bacia hidrográfica do Rio Paraíba nos seus trechos denominados de alto curso do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá, a Figura 1 mostra a referida área de estudo.

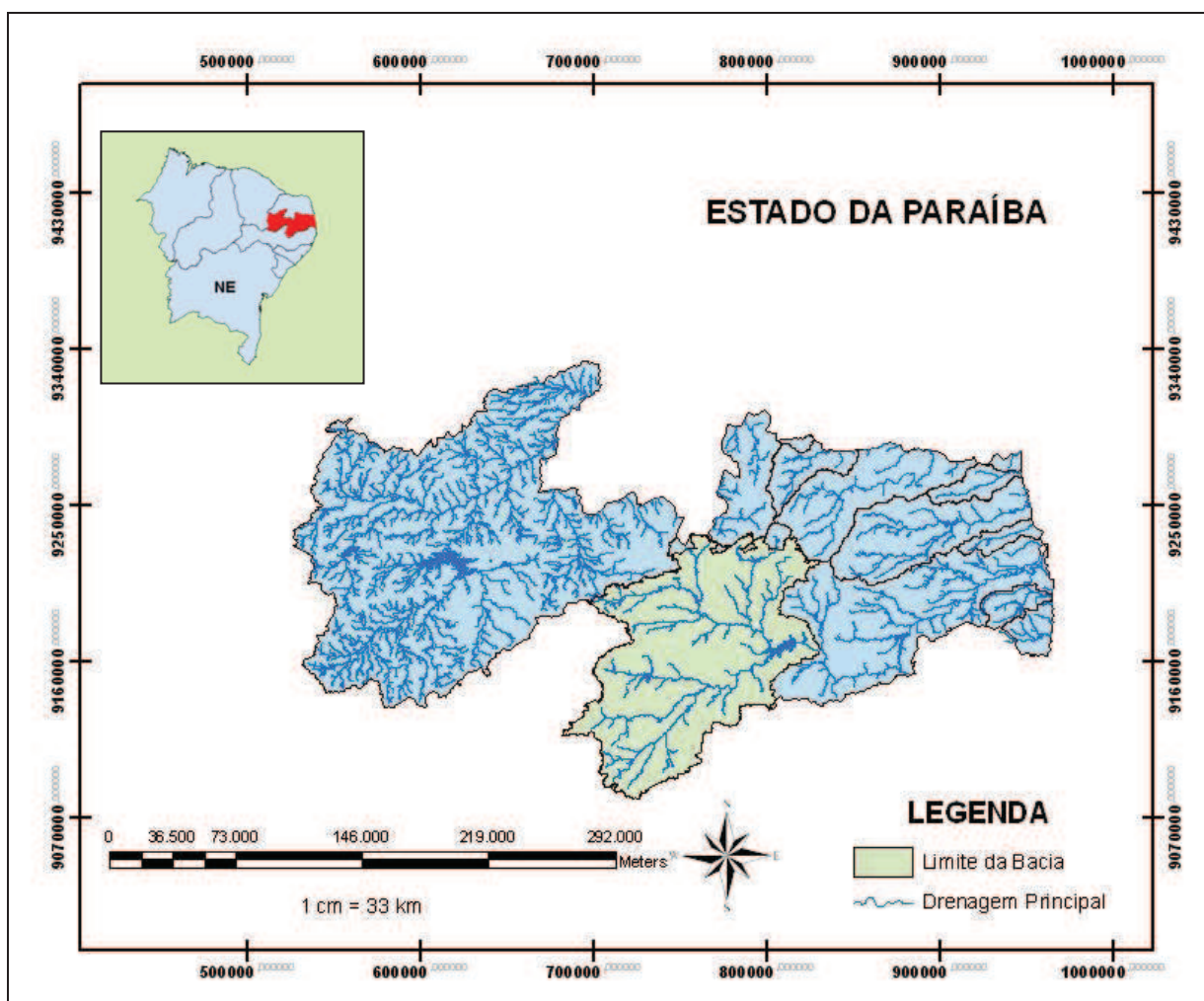


Figura 1. Localização da área de estudo.

As Tabelas 1 e 2 mostram, respectivamente, os municípios, com suas respectivas micro e mesorregiões geográficas paraibana, que compõem o alto curso do Rio Paraíba e a sub-bacia do Rio Taperoá. As áreas de drenagem equivalem a 12.389,14 km² e estão compreendidas entre as latitudes de 06°51'47" e 08°18'12"S e longitude 36°00'10" e 37°21'22"W.

Tabela 1. Municípios com as respectivas micro e mesorregiões do Alto Curso do Rio Paraíba

Alto Curso do Rio Paraíba		
Município	Microrregião	Mesorregião
Amparo	Cariri Ocidental	Borborema
Barra de São Miguel	Cariri Oriental	Borborema
Boa Vista	Campina Grande	Agreste
Boqueirão	Cariri Oriental	Borborema
Cabaceiras	Cariri Oriental	Borborema
Camalaú	Cariri Ocidental	Borborema
Caraúbas	Cariri Oriental	Borborema
Congo	Cariri Ocidental	Borborema
Coxixola	Cariri Ocidental	Borborema
Monteiro	Cariri Ocidental	Borborema
Ouro Velho	Cariri Ocidental	Borborema
Prata	Cariri Ocidental	Borborema
São João do Cariri	Cariri Oriental	Borborema
São João do Tigre	Cariri Ocidental	Borborema
Serra Branca	Cariri Ocidental	Borborema
Sumé	Cariri Ocidental	Borborema
São Domingos do Cariri	Cariri Oriental	Borborema
São Sebastião do Umbuzeiro	Cariri Ocidental	Borborema
Zabelê	Cariri Ocidental	Borborema

Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2010).

Tabela 2. Municípios com as respectivas micro e mesorregiões da Sub-bacia do Rio Taperoá

Sub-bacia do Rio Taperoá		
Município	Microrregião	Mesorregião
Assunção	Cariri Ocidental	Borborema
Barra de Santa Rosa	Curimataú Ocidental	Agreste
Boa Vista	Campina Grande	Agreste
Cabaceiras	Cariri Oriental	Borborema
Cacimbas	Serra do Teixeira	Sertão
Desterro	Serra do Teixeira	Sertão
Gurjão	Cariri Oriental	Borborema
Juazeirinho	Seridó Oriental	Borborema
Livramento	Cariri Ocidental	Borborema
Junco do Seridó	Seridó Ocidental	Borborema
Olivedos	Curimataú Ocidental	Agreste
Parari	Cariri Ocidental	Borborema
Pocinhos	Curimataú Ocidental	Agreste
Salgadinho	Seridó Ocidental	Borborema
Santo André	Cariri Oriental	Borborema
São João do Cariri	Cariri Oriental	Borborema
São José dos Cordeiros	Cariri Ocidental	Borborema
Seridó	Seridó Ocidental	Borborema
Serra Branca	Cariri Ocidental	Borborema
Soledade	Curimataú Ocidental	Agreste
Taperoá	Cariri Ocidental	Borborema
Teixeira	Serra do Teixeira	Sertão
Tenório	Seridó Ocidental	Borborema

Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (2010).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região do Alto Curso do Rio Paraíba e a sub-bacia do Rio Taperoá possuem clima do tipo BSw^h, ou seja, semiárido quente, com precipitação pluvial média anual variando de 400 a 600 mm e com estação seca de 8 a 10 meses, .

O relevo do Alto Curso do Rio Paraíba é ondulado a fortemente ondulado, com variações hipsométricas que atingem a cotas acima de 1.000 metros. É formada por rochas do período pré-cambriano e o tipo de solo predominante é do tipo Bruno não Cálcico de pouca espessura, que cobre todo cristalino, com a presença de solos Litólicos, Regossolos e Cambissolos.

A vegetação predominante do Alto Curso do Rio Paraíba e na sub-bacia do Rio Taperoá é a caatinga *hiperxerófila*, *hipoxerófila*, floresta *caducifólia* e *subcaducifólia*. Em alguns trechos a caatinga apresenta-se densa, com vegetação rasteira constituída por herbáceos espinhosos e arbustos densos, em outros setores mais secos, a vegetação perde totalmente as folhas no verão.

A Sub-bacia do Rio Taperoá apresenta setores ondulado, forte ondulado e montanhoso. As variações hipsométricas da topografia assumem altitudes consideradas relevantes, nas quais ultrapassam a cota de 900 m nas escarpas orientais do Planalto da Borborema.

A caracterização física desta área de estudo foi elaborada a partir dos dados cedidos pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (PERH/PB, *op. cit*).

3.2 Procedimentos e coleta de dados

3.2.1 Análise linear, areal e hipsométrica

A análise linear, areal e hipsométrica da área de estudo foi elaborada com o auxílio do software ArcGis 9.3 que permitiu, em ambiente SIG, extrair os seguintes parâmetros morfométricos do alto curso do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá: área, perímetro, comprimento da bacia, comprimento do rio principal, comprimento dos rios, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de forma, amplitude altimétrica, declividade, padrão de drenagem, extensão do percurso superficial e coeficiente de manutenção. A hierarquia fluvial foi estabelecida usando-se o software CAD (Desenho Auxiliado por Computador).

Para determinar as características fisiográficas do alto curso e da sub-bacia foram utilizadas as imagens SRTM, SB-24-Z-B, SB-24-ZD e SC-24-X-B disponíveis no site da EMBRAPA, com formato GEOTIFF, resolução espacial de 90 m, articulação compatível com a escala de 1: 250.000 pelo IBGE, e sistema de coordenadas geográficas datum, WGS-84.

No que concerne às imagens SRTM Valeriano (2008) ressalta que o projeto Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), advém de trabalhos realizados pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e a National Imagery and Mapping Agency (NIMA), do Departamento de Defesa (DOD) dos Estados Unidos e das agências espaciais da Alemanha e da Itália. Destaca ainda que o sobrevôo da SRTM ocorreu no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000 em que foram percorridas 16 órbitas por dia, totalizando 176 orbitas. O sobrevôo cobriu 80% da área terrestre do planeta, entre as latitudes 60° N e 56° S.

As referidas imagens foram transformadas do sistema de coordenadas geográficas WGS-84 para o GCS SAD 69 e da extensão TIFF para o formato GRID, sendo elaborado um mosaico das três imagens, a partir do qual foi extraído a rede de drenagem e feita a delimitação da área de drenagem. Em seguida foi feito o recorte da bacia e a extração das curvas de nível, com equidistância de 5m, que permitiu a elaboração do modelo digital de elevação (MDE). A partir deste modelo digital e usando a ferramenta digital slope foram gerados os intervalos percentuais da declividade do relevo. As classes de declividade foram estabelecidas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, proposto pela EMBRAPA (1999).

Utilizou-se ainda os shapefiles da drenagem principal, bacias hidrográficas e municípios, além das cartas topográficas, em arquivo CAD, na escala de 1:100.000 de Juazeirinho (SB-24-Z-D-II), Boqueirão (SB-24-Z-D-III), Monteiro (SB-24-Z-D-IV), Sumé (SB-24-Z-D-V), Santa Cruz do Capibaribe (SB-24-Z-D-VI), Sertania (SC-24-X-B-I) e Pesqueira (SC-24-X-B-II), disponíveis no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2011).

O comprimento do alto curso do Rio Paraíba foi calculado traçando-se uma linha reta da foz do rio a um ponto limítrofe (seguindo o rio principal). Em seguida mediu-se a distância entre os dois extremos da reta.

Para determinar a forma da bacia, delimitou-se a área e em seguida foram desenhadas figuras geométricas, sendo escolhida a figura que melhor representa. O índice de forma foi determinado usando-se as fórmulas propostas por ROCHA & KURTS (2001) e CHRISTOFOLETTI (op. cit.), respectivamente:

$$IF = 1 - AnL / A$$

$$IF = 1 - (KnL) / (KUL)$$

Sendo: IF= é o índice de forma;

AnL= a interseção da área da bacia com a área da figura;

A = é a área da bacia em hectare ;

L = é a área da figura geométrica em hectare;

(KnL) = é a interseção da área da bacia com a área da figura;

(KUL) = é a união das duas áreas.

A densidade hidrográfica (Dh), densidade de drenagem (Dd) e a amplitude altimétrica (Aa, em m) foram calculadas pelas equações.

$$Dh = N/A$$

$$Aa = (\text{altitude máxima} - \text{altitude mínima})$$

$$Dd=L/A$$

Sendo: Dh = densidade hidrográfica dos canais (km⁻²);

N = o número total de cursos d'água;

A = área da bacia (km²);

L= comprimento total dos rios (km)

Para interpretar a eficiência da drenagem da bacia, cuja fórmula usada foi a citada por Cardoso et al. (2006), utilizou-se a classificação proposta por Beltrame (*Op. cit.*), conforme indicativos da Tabela 3.

Tabela 3. Classes de interpretação dos valores de densidade de drenagem.

Classes de densidade de drenagem (km.km ⁻²)	Interpretação
Menor que 0,50	Baixa densidade de drenagem
De 0,50 a 2,00	Mediana densidade de drenagem
De 2,01 a 3,50	Alta densidade de drenagem
Maior que 3,50	Muito alta densidade de drenagem

Beltrame (1994).

A extensão do percurso superficial (Eps) foi determinada pela expressão citada por Christofolletti (*op. cit.*)

$$Eps = 1/2Dd$$

A hierarquia fluvial foi estabelecida de acordo com o método proposto por Strahler (1952) *apud* Christofolletti (*op. cit.*) que estabelece que os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, os de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem, e assim sucessivamente.

O coeficiente de manutenção foi estabelecido mediante a seguinte expressão proposta por Schumm (1956) *apud* Cristofolletti (*op. cit.*):

$$C_m = 1/D_d * 1000$$

A relação de relevo foi calculada pela expressão proposta por Schumm (1956) *apud* Castro et. al (2001):

$$Rr = \frac{\Delta a}{L}$$

Sendo: Δa = amplitude altimétrica;

L = comprimento do canal principal;

O gradiente de canais foi estabelecido pela seguinte expressão proposta por Horton (1945) *apud* Cristofolletti (*op. cit.*):

$$G_c = a_{\max} / L$$

Sendo: a_{\max} = cota de altitude máxima;

L = comprimento do canal principal;

O índice de sinuosidade foi calculado mediante expressão proposta por Schumm (1963) *apud* Castro et. al (2001):

$$I_s = \frac{L}{dv}$$

Sendo: L = comprimento do canal principal;

dv = distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal;

3.2.2 Caracterização do regime de distribuição pluvial

Utilizaram-se séries pluviométricas ininterruptas, com 10 ou mais anos de dados das localidades que compõem o alto curso da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá, cedidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), em Campina Grande.

O agrupamento dos dados pluviométricos foi feito utilizando-se a distribuição de frequência, obedecendo-se à sequência cronológica mensal e anual (somatório dos totais mensais). As medidas de tendência central: média e mediana, de dispersão (desvio padrão e amplitude) e outras seguiram os critérios e as equações propostas por ASSIS, ARRUDA e PEREIRA (1996).

Os histogramas e os polígonos de frequências foram feitos mediante a contribuição percentual média mensal, a fim de detectar a estação chuvosa.

Os dados mensais da estação chuvosa e os anuais foram arranjados em classes, sendo o ponto médio de cada classe determinado através da média aritmética entre os limites inferior e superior da classe. A frequência da classe representou o número de meses ou de anos pertencentes a cada um das classes.

A contribuição da precipitação pluvial (CP, em m³), para cada local, foi calculada pela equação:

$$CP = P \times AC \times 1000$$

Sendo: P= a precipitação pluvial anual de cada local, em mm;

AC= Área de contribuição de cada local (km²).

A vazão potencial de escoamento superficial bruta (QPE) foi determinada dividindo a expressão CP pelo tempo (mês ou ano), conforme critério proposto por Almeida, Silva & Nascimento (2008).

Os índices mensais de erosão (EI, em mm) foram estimados usando a expressão, proposta por Fornier Zachar (1982) *apud* (SILVA, SCHULZ & CAMARGO, *op. cit.*):

$$EI = \frac{p^2}{P}$$

Sendo: p²= precipitação média mensal (mm);

P= precipitação média anual (mm);

As contribuições da precipitação pluvial, vazão potencial de escoamento superficial bruta, índices de erosão do alto curso do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá mensal, estação chuvosa ou total anual foram determinados de forma algébrica.

O índice padronizado da precipitação modificado (SPIM) foi determinado utilizando-se os critérios e a expressão proposta por ALMEIDA & SILVA (2008):

$$SPIM = \frac{(P_i - Med)}{DP}$$

Sendo: P_i = precipitação pluvial mensal, em mm;

Med = mediana mensal da precipitação, em mm;

DP = desvio padrão da média da chuva, em mm.

As categorias de umidade ou de secas foram estabelecidas a partir dos SPIMs, adotando-se os critérios de McKee et al. (*op. cit.*) descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Índice Padronizado de Precipitação Modificado e categorias de secas.

SPIM	Categorias de umidade
$\geq 2,00$	Extremamente Úmido
1,50 → 1,99	Muito úmido
1,00 → 1,49	Moderadamente Úmido
0,99 → -0,99	Próximo ao normal
-1,00 → -1,49	Moderadamente Seco
-1,50 → -1,99	Muito Seco
$\leq -2,00$	Extremamente Seco

As análises estatísticas, cálculos, gráficos e tabelas foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização morfométrica do alto curso do Rio Paraíba e sub-bacia do Taperoá

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos mais comuns nas análises hidrológicas ou ambientais. As diferentes formas de relevo presentes na superfície terrestre são oriundas da interação entre processos tectônicos, pedogênicos e intempéricos, que atuam de forma diversificada nos diferentes materiais rochosos.

No intuito de quantificar os indicadores físicos do Alto curso do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá, utilizou-se o método da análise morfométrica, cujos parâmetros são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do alto curso do Rio Paraíba.

Hierarquia Fluvial	
6ª Ordem	
Análise Linear	
Comprimento do Rio Principal	198 km
Gradiente de Canais	0,59%
Índice de Sinuosidade	1,27
Extensão do Percurso Superficial	0,652 km
Análise Areal	
Área	12.368 km ²
Perímetro	818 km
Padrão de Drenagem	Dentritica
Comprimento da Bacia	156,5 km
Comprimento dos rios	9.483 km
Densidade Hidrográfica	0,622 canais/km ²
Densidade de Drenagem	0,76 km/km ²
Coefficiente de Manutenção	130,4 m ² /m
Índice de Forma	0,595 e 0,03
Análise Hipsométrica	
Cota de Altitude Mais Alta	1.170 m
Cota de Altitude Mais Baixa	325 m
Amplitude Altimétrica	845 m
Relação de Relevo	0,43%

Com relação à análise linear, o comprimento do Rio principal é de 198 km e o valor do gradiente de canais foi de 0,59 %. O gradiente é um indicativo da declividade do curso d'água, como afirma Horton (1945) e o baixo valor encontrado está de acordo com o obtido por Castro *et. al* (*op. cit.*), para a bacia do Rio do Tanque, Minas Gerais.

O índice de sinuosidade de acordo com Schumm (1963) *apud* Castro *et. al* (*op. cit.*) relaciona o comprimento verdadeiro do canal (projeção ortogonal) com a distância vetorial (comprimento em linha reta) entre os dois pontos extremos do canal principal. Destaca-se que valores próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, já os valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais e irregulares. O valor da sinuosidade de 1,27 indica que o rio principal do Alto curso do Rio Paraíba tende a ser retilíneo, condição que favorece a um maior transporte de sedimentos como cita (Antoneli & Thomaz, 2007).

A extensão do percurso superficial de 0,652 km. Como definiu Christofolletti (1980), o percurso superficial representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente. Esse espaço percorrido pelo fluido é um parâmetro importante do curso d'água, por indicar tanto o desenvolvimento hidrológico quanto o fisiográfico da bacia de drenagem.

No que se refere à análise areal, o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá apresenta área de 12.365 km² e o perímetro de 818 km. O padrão de drenagem, ou rede de drenagem, representa o formato ou o aspecto traçado pelo conjunto dos talwegues de uma bacia hidrográfica. Este padrão está intimamente relacionado às características geológicas e geotectônicas da área, sendo, por isso, um indicador importante para o diagnóstico físico.

O padrão de drenagem da referida área de estudo é predominantemente dentrítica, com alguns recortes territoriais sub paralelo e até paralelo, os rios têm uma orientação preferencial de oeste para leste e são em grande parte consequentes e subsequentes (Tabela 5).

Os comprimentos da bacia e dos rios foram, respectivamente, de 156,5 e de 9.483 km. Já, a densidade hidrográfica que expressa a relação entre o número de rios e a área da bacia hidrográfica foi de 0,622 canais/km² (Tabela 5). Essa característica geométrica do alto curso do rio Paraíba mostra uma densidade baixa, ou seja, menos de um canal por km².

O coeficiente de manutenção é um indicativo da área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Coeficiente de manutenção de 130,4 m²/m.

A densidade de drenagem de 0,76 km/km² (Tabela 5), considerada de média densidade, valor esse que concorda com a Dd encontrada por Almeida *et. a.* (2009) para bacia hidrográfica do Riacho do Desterro no Cariri e Alto Sertão paraibano.

No que concerne à análise hipsométrica, a cota de altitude mais alta foi de 1.170 m e a mais baixa de 325 m. Amplitude altimétrica que representa a diferença entre o ponto de maior altitude e o ponto mais baixo foi de 845m.

A relação de relevo considera o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima da bacia e a maior extensão. O valor encontrado foi de 0,43 % (Tabela 5), o que mostra, portanto, que o alto curso possui relevo relativamente suave.

A hierarquia de uma bacia hidrográfica consiste em estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada). A Figura 2 apresenta a hierarquia fluvial da do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá.

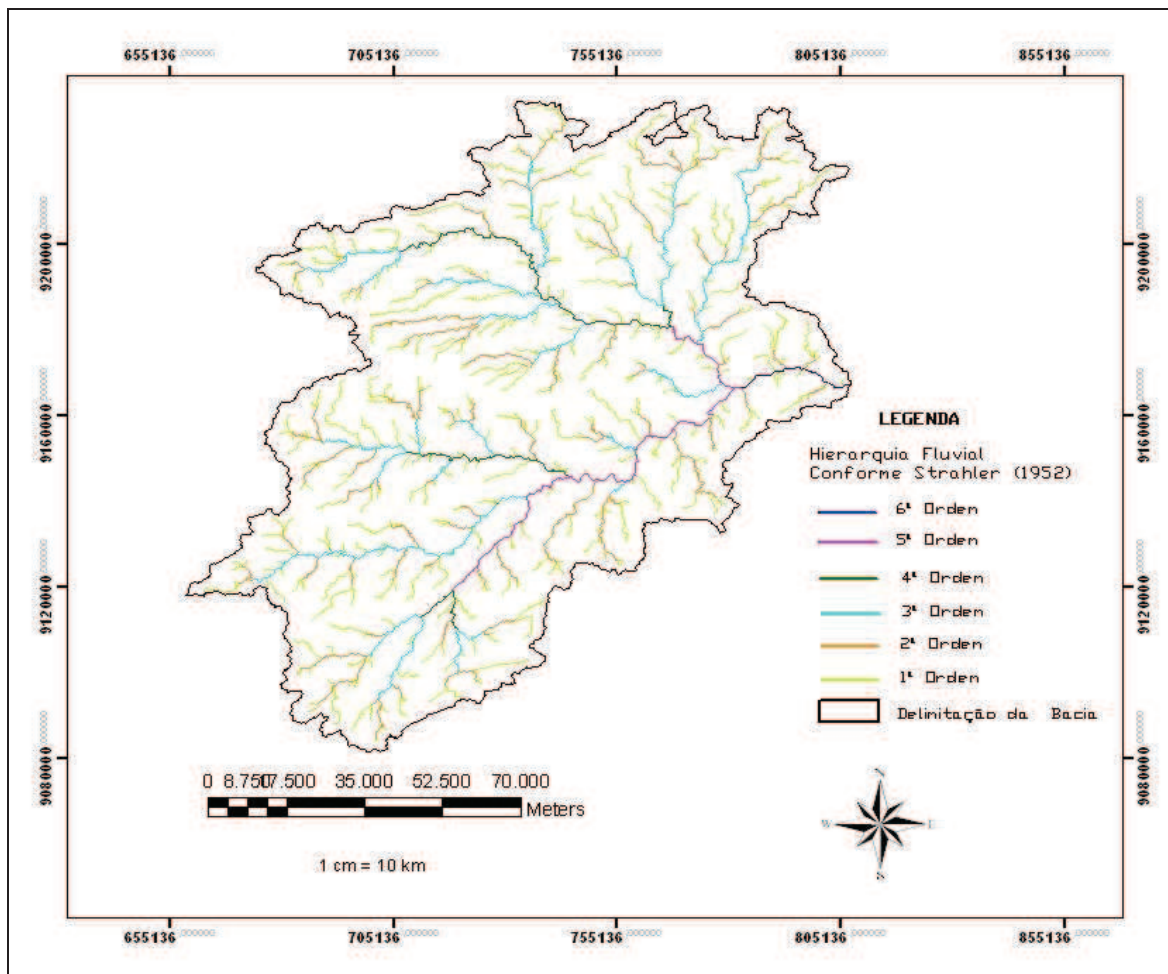


Figura 2. Hierarquia fluvial do alto curso da bacia hidrográfica rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá.

A hierarquização do alto curso do Rio Paraíba (Figura 2), demonstra que o referido manancial é de 6ª ordem e o sistema de drenagem tem uma boa ramificação, sendo composta por um grande número de tributários de 1ª ordem.

O total e o comprimento dos rios, calculados usando três escalas de transformação são mostrados na Tabela 6. Como pode ser observado na referida Tabela, a depender da escala usada para transformar a imagem raster em vetor a variação do número de rios e/ou do

comprimento é muito grande. Por isso, recomenda-se o uso do valor intermediário que corresponde a 7.687 rios e comprimento de 9.483 km.

Tabela 6. Transformação da imagem do formato raster em vetor.

	Expressão		
	1.000	100	10
Total de rios	815	7.687	26.276
Comprimento dos rios	3.277 km	9.483 km	62.450 km

Acredita-se, que seja necessário usar imagens de satélite para acrescentar ao fundo da modelagem obtida para efeito de comparação e para que seja alcançada melhor precisão, ao calcular-se, a densidade hidrográfica e a densidade de drenagem.

Os ajustes de formas do alto curso do Rio Paraíba em relação aos modelos teóricos referentes à figura geométrica conhecida, tais como: triangular, circular e retangular são mostrados nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente. Das formas testadas, a que mais se aproximou foi a da Figura geométrica de um retângulo (Figura 5).

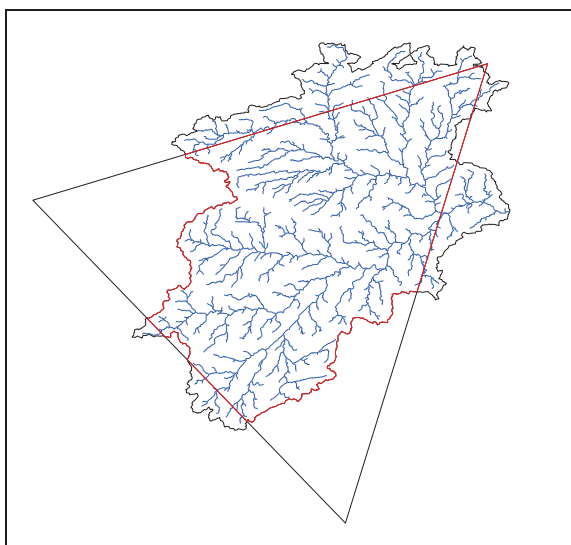


Figura 3. Modelo de forma geométrica de uma bacia hidrográfica triangular.

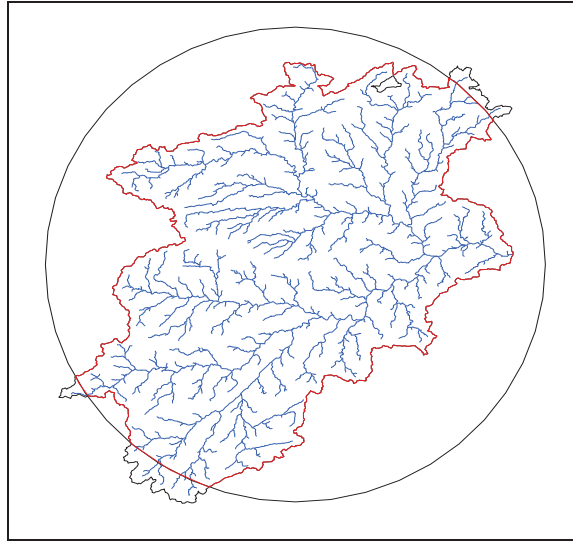


Figura 4. Modelo de forma geométrica de uma bacia hidrográfica circular

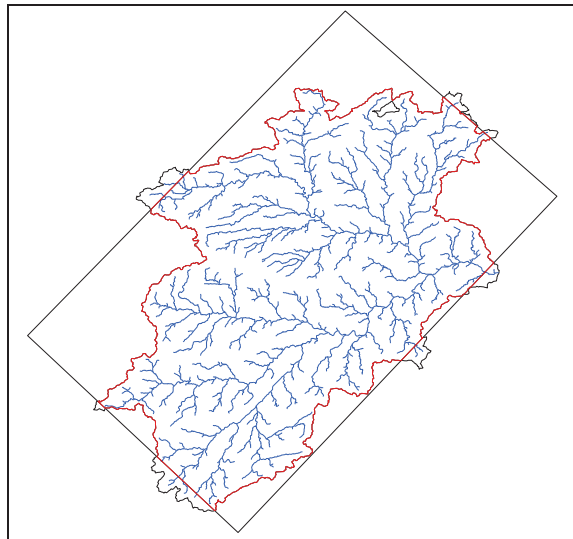


Figura 5. Modelo de forma geométrica de uma bacia hidrográfica retangular.

De acordo com os cálculos elaborados para as três figuras geométricas, os menores índices de forma encontrados foram 0,595 e 0,03 (Tabela 5) sendo a forma da bacia, retangular (figura geométrica de área mínima), e portanto menos suscetível às enchentes. A Figura 6 mostra o modelo digital de elevação (MDE) elaborado para o alto curso da bacia hidrográfica Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá.

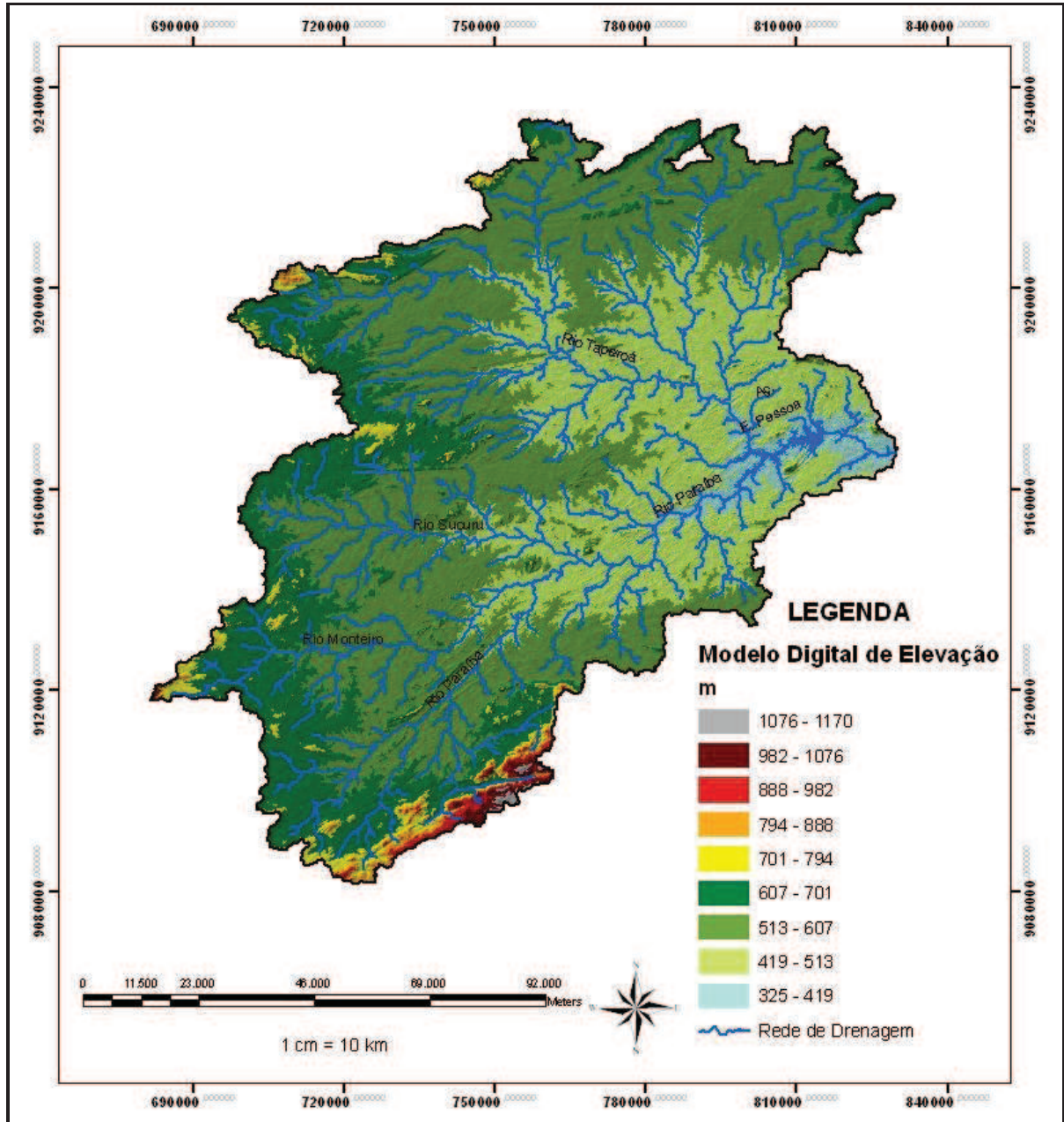


Figura 6. Modelo Digital de Elevação do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá.

Constata-se a partir do MDE (Figura 6) que o alto curso da bacia hidrográfica Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá possuem as menores altitudes, 325 m, no município de Boqueirão em que se localiza o açude Epitácio Pessoa, ressalta-se que nesta área destacam-se as Serras de Caturité e de Carnoió que ultrapassam os 700 m, esta na margem direita e aquela na margem esquerda do referido manancial.

Observa-se que as altitudes aumentam gradualmente tanto no sentido leste/oeste quanto sul, região mais elevada da bacia em que apresenta altitude máxima de 1.170 m na Serra da Serraria no município de São João do Tigre na divisa do Estado da Paraíba com o de

Pernambuco. As Figuras 7 e 8 mostram o mapa de declividade da bacia hidrográfica do alto curso do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá com a rede de drenagem e os municípios que a compõem, respectivamente.

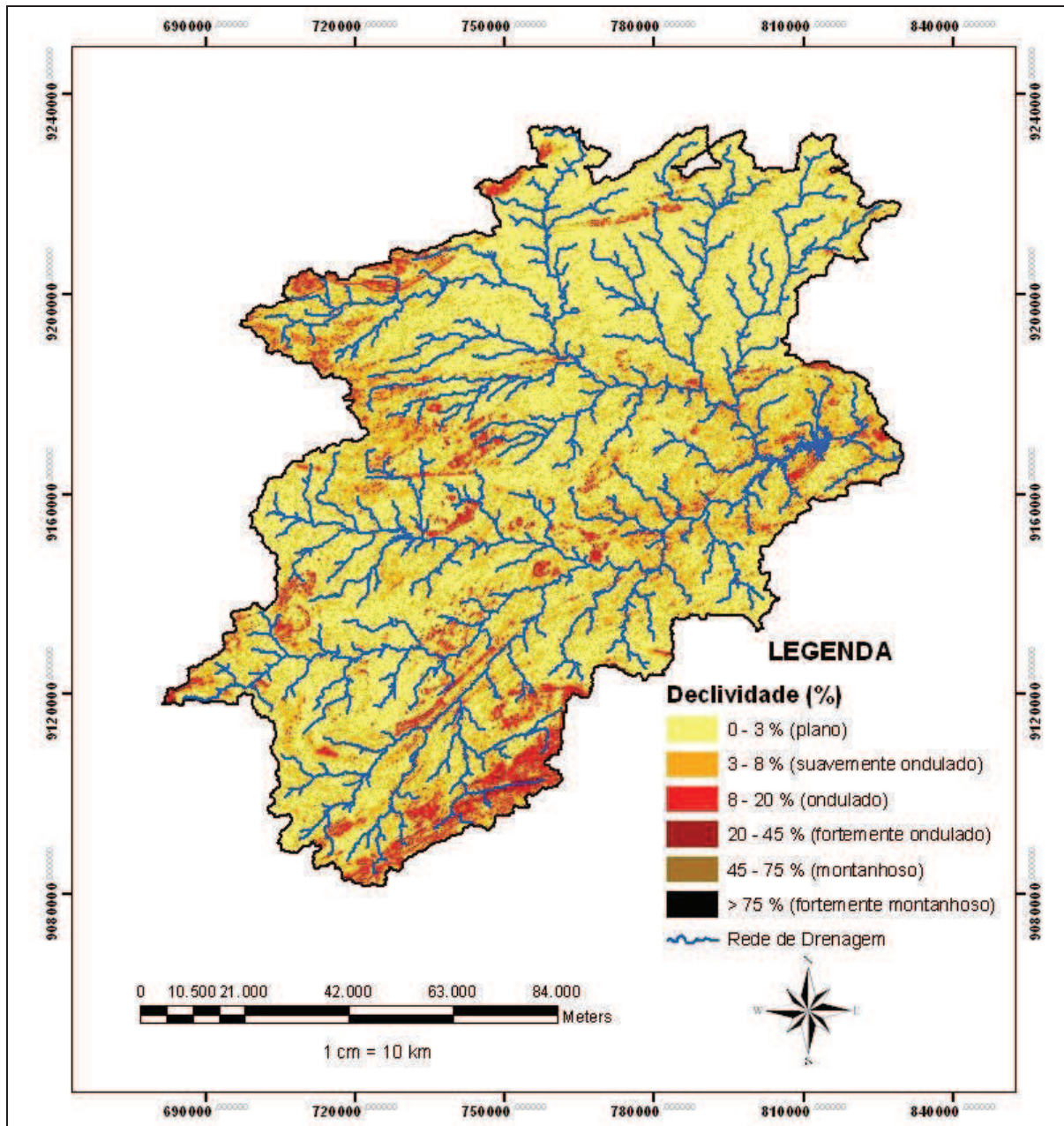


Figura 7. Declividade média do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá

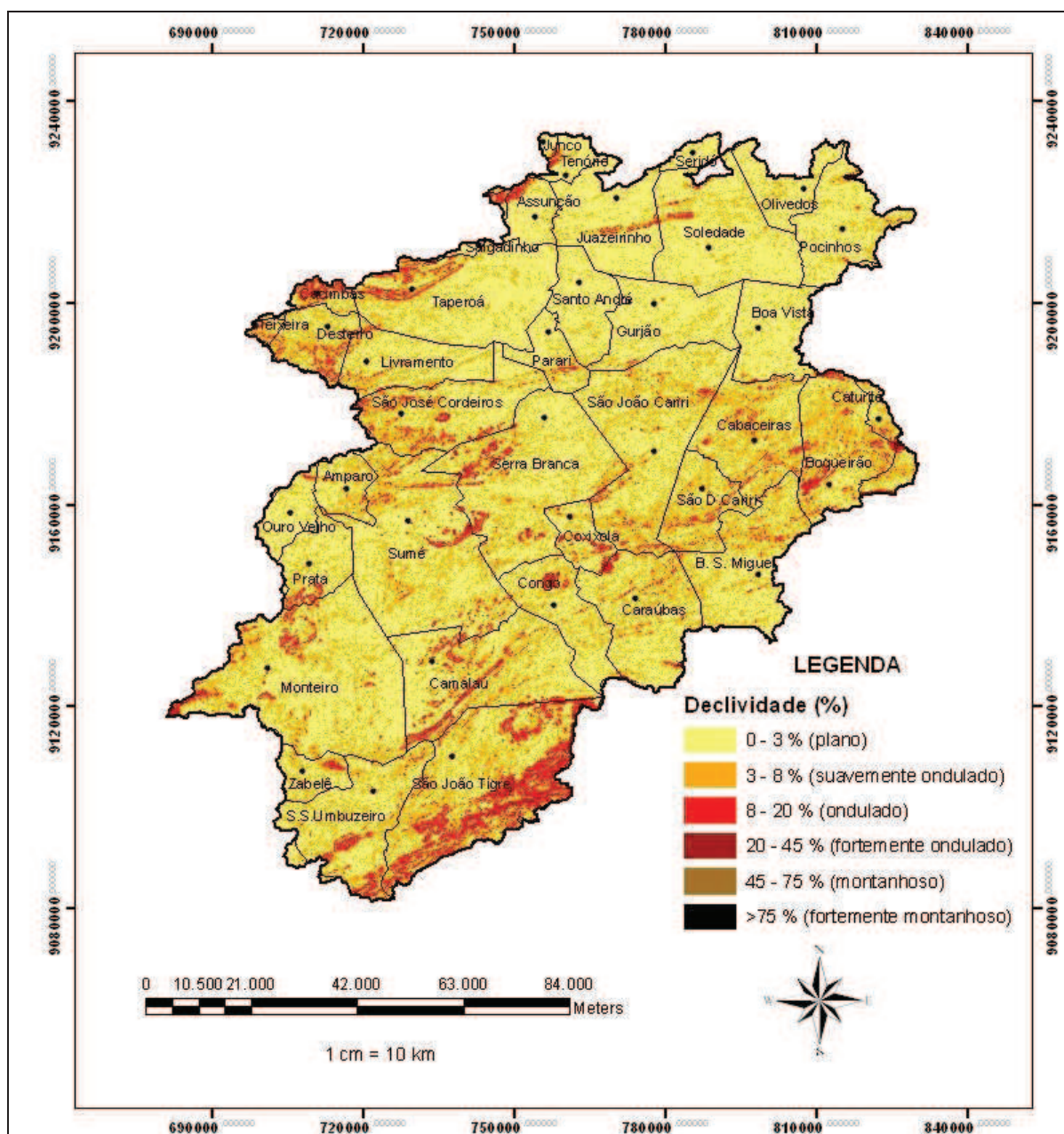


Figura 8. Declividade média e respectivos municípios que compõem o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá.

De modo geral a bacia apresenta baixas declividades, em que predominam os relevos planos e planos ondulados, cujas declividades estão entre 0 e 8% (Figuras 7 e 8), observam-se áreas pontuais que apresentam relevo ondulado por toda bacia, destaca-se que há uma concentração das maiores declividades nas extremidades da porção sul, especialmente no município de São João do Tigre que apresenta declividades entre 8 e 20% em significativa parte do seu território, e algumas áreas com declividade de 20 a 45%, tidas como fortemente onduladas, além de pequenos recortes territoriais que possuem relevo montanhoso, apresentando declividades entre 45 a 75%.

4.2 Caracterização do regime pluvial do alto curso da bacia hidrografia do Rio Paraíba e da sub-bacia do Taperoá

A Figura 9 mostra as médias mensais da média, mediana e desvio padrão para as localidades que compõem o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

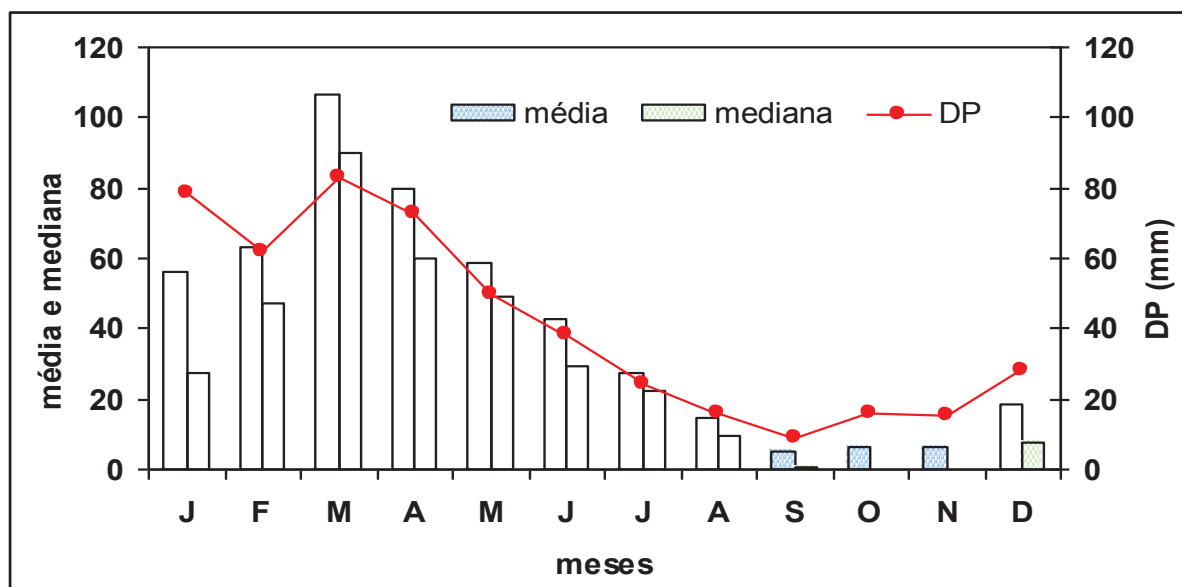


Figura 9. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão (DP) das localidades que compõem o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

A precipitação pluvial é distribuída irregularmente, como mostra os elevados desvios padrão (DPs), associada às médias aritméticas mensais, quando em 50% dos meses os DPs são maiores do que as próprias médias. Essa variabilidade confrontada ao comparar a média com o desvio padrão, demonstra, de forma muito clara, a irregularidade temporal no regime mensal de chuvas, no alto curso da bacia hidrográfica.

O modelo de distribuição temporal da chuva (Figura 9) mostra que as médias mensais são sempre diferente (maiores) que as medianas. Essa condição indica que o modelo é assimétrico e o coeficiente de assimetria é positivo. Para esse tipo de distribuição, a mediana é o valor mais provável de ocorrer e não a média, embora ela seja a medida de tendência central mais usada. Assim sendo, o uso da média aritmética, para esse tipo de distribuição, induz erros no valor da chuva esperada, porque a média não é o valor mais frequente de ocorrer.

Por isso, estes resultados concordam com os encontrados para outras localidades do nordeste brasileiro por Almeida (2003); Almeida & Pereira (2007); Almeida & Oliveira (2009); Almeida & Gomes (2011), que numa distribuição do tipo assimétrica, a medida de tendência central recomendada é a mediana e não a média.

As médias mensais da média, mediana e desvio padrão para os locais situados à margem esquerda (norte) e direita (sul) do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba são mostradas nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

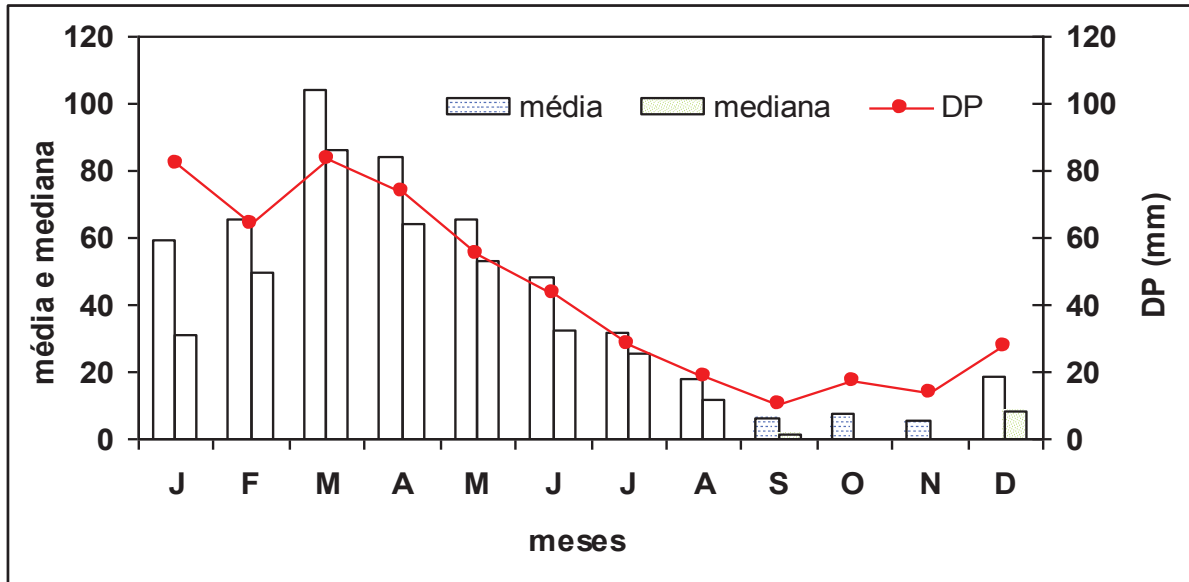


Figura 10. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão para os locais situados à margem esquerda (N) do alto curso do Rio Paraíba.

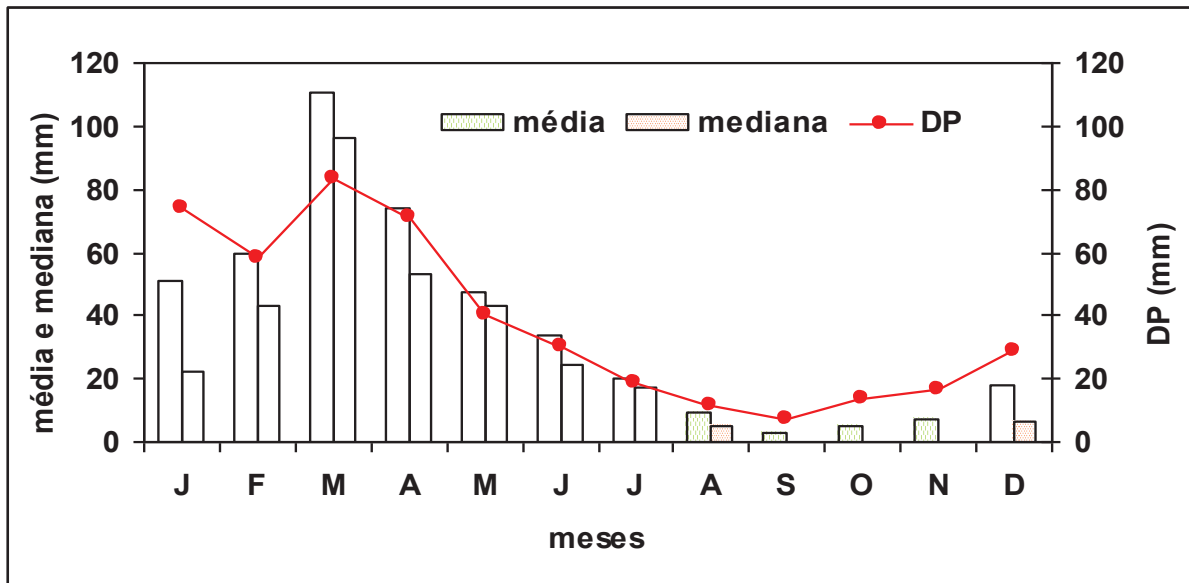


Figura 11. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da chuva para os locais situados à margem direita (S) do alto curso do Rio Paraíba.

As configurações dos histogramas das Figuras 10 e 11, assim como os da Figura 9, identificam que às médias aritméticas mensais estão sempre associadas a uma elevada dispersão. Nota-se, entretanto, que os DPs, em 50% dos meses, para ambas as margens, são superiores aos valores das médias esperadas. Por outro lado, as razões entre a média e o DP,

para ambas as situações, foram de 1,31 e 1,42 mm, respectivamente, ou seja, para cada 1 mm, a dispersão foi de $\pm 1,31$ e $1,42$ mm.

Outras características importantes do regime pluvial da margem norte (Figura 10), quando comparada com a margem sul (Figura 11), são as diferenças existentes nas respectivas distribuições mensais e nos totais anuais. A margem norte, a mediana anual da chuva foi 70 mm (17%), maior e 11% menos dispersa.

Nas Figuras 12 e 13 mostram as medianas anuais de precipitação pluvial, em ordem crescente, dos locais situados nas margens esquerda e direita do alto curso do Rio Paraíba.

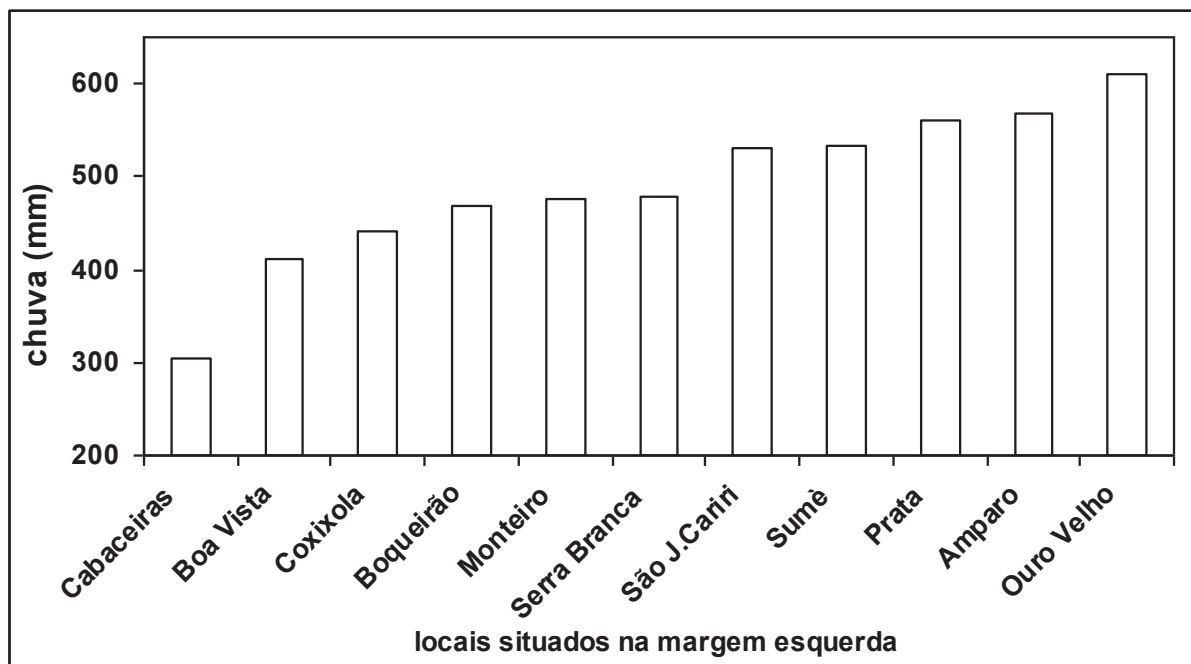


Figura 12. Medianas anuais de chuvas dos locais situados à margem esquerda (Norte) do alto curso do Rio Paraíba.

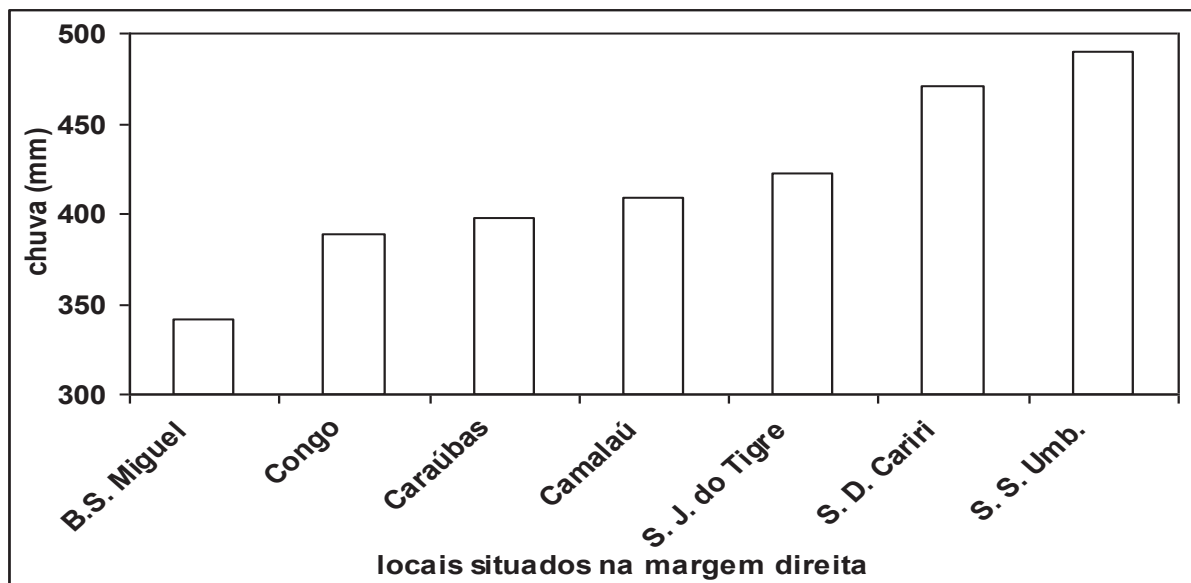


Figura 13. Medianas anuais de chuvas dos locais situados à margem direita (sul) do alto curso do Rio Paraíba.

As amplitudes pluviométricas anuais dos locais situados tanto à margem esquerda (Figura 12), quanto à direita (Figura 13) são elevadas 304,9 mm (99,8 %) e 148 mm (43,3%), respectivamente. Embora o lado norte do alto curso do Rio Paraíba seja mais chuvoso, o contraste entre o local mais e menos chuvoso também é maior.

No que concerne à margem direita, a localidade de Barra de São Miguel é a menos chuvosa (mediana anual de 341,6 mm) e São Sebastião do Umbuzeiro a mais chuvosa (486,6 mm). Acumulando-se os totais anuais medianos, os locais da margem esquerda contribuem com 84,4% a mais que os da direita. Obviamente, essa diferença se deve, em parte, ao maior número de locais, onze (11) no lado norte contra sete (7) no sul.

As médias mensais da média, mediana e desvio padrão da chuva, nos meses da estação chuvosa, para os locais situados as margens norte e sul do alto curso do Rio Paraíba são mostradas nas Figuras 14 e 15. Os meses de janeiro a maio, em ambas as situações, são os mais chuvosos e, por isso, constituem a curta estação chuvosa, sendo os meses de janeiro e maio a pré e a pós estação chuvosa.

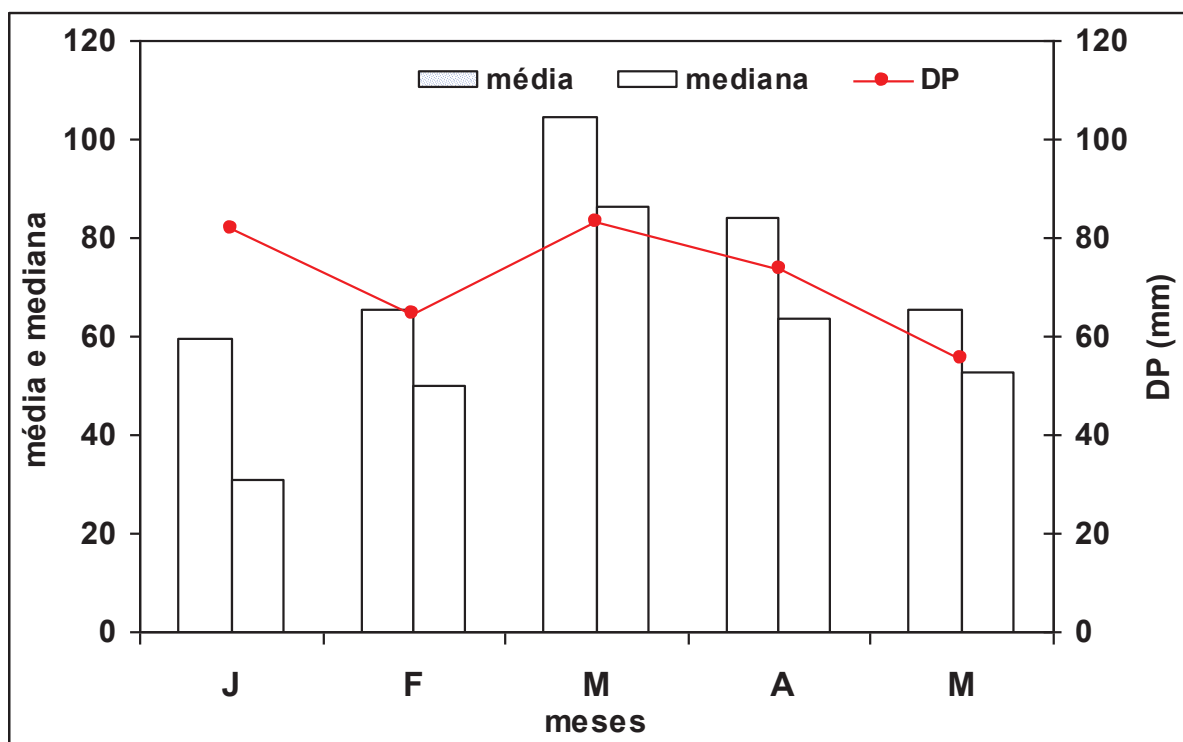


Figura 14. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da estação chuvosa na margem esquerda (Norte) do alto curso do Rio Paraíba.

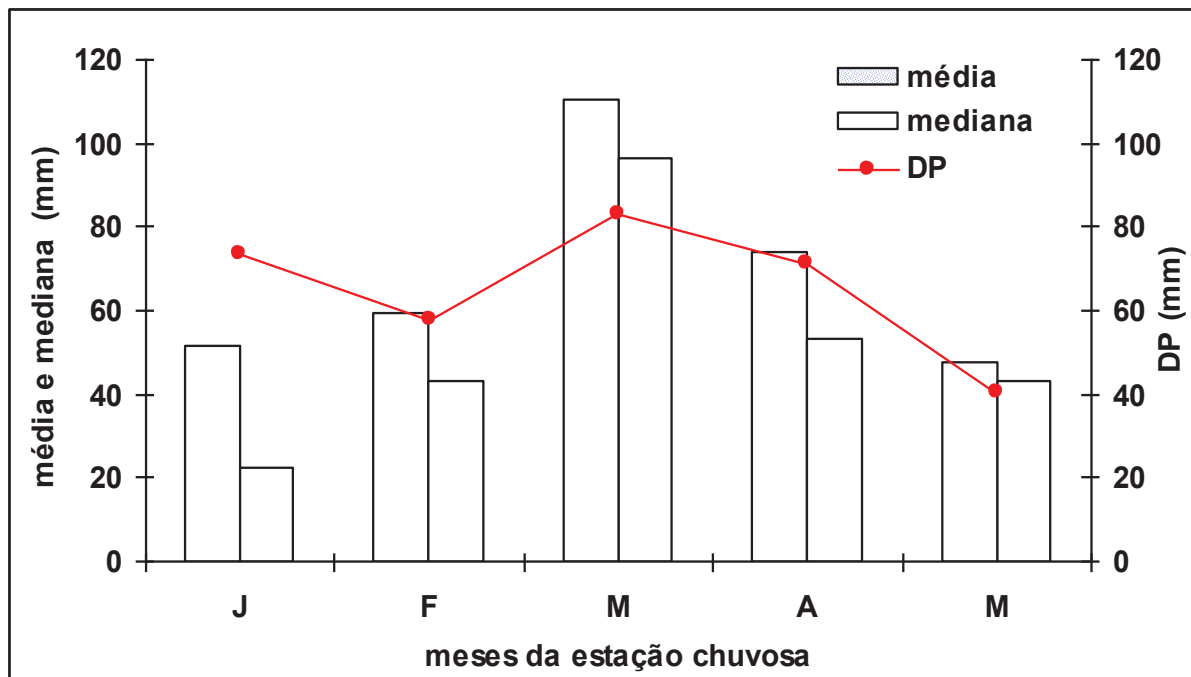


Figura 15. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da estação chuvosa na margem direita (Sul) do alto curso do Rio Paraíba.

Somando-se a contribuição mediana dos cinco meses, em relação ao total anual, os meses da estação chuvosa contribuem, em média, com 58,0 e 62,1%, respectivamente. Destaca-se, entretanto, que março é o mês mais chuvoso e chove o equivalente a 34 % na estação e 20 % no ano.

A Figura 16 compara as médias mensais do ano mais chuvoso com a média esperada, das localidades do alto curso do Rio Paraíba.

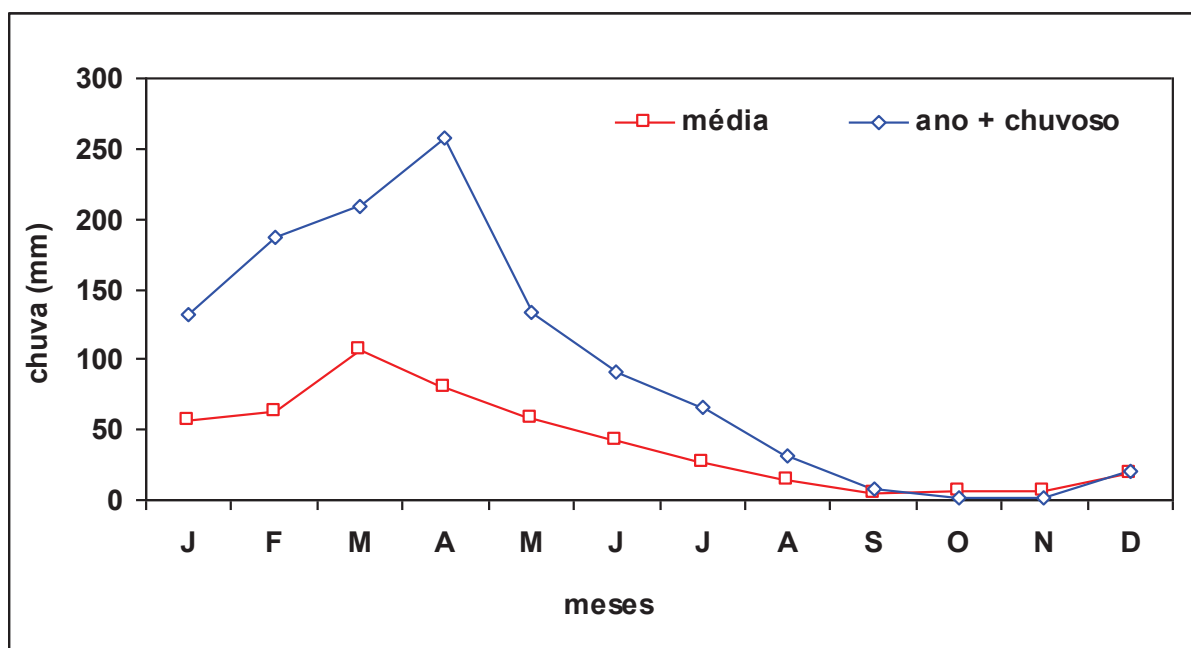


Figura 16. Relação entre as médias mensais esperadas de chuva no alto curso do Rio Paraíba e a observada no ano mais chuvoso.

Ao comparar as duas situações distintas, observa-se que os totais observados no ano mais chuvosos foram sempre maiores que as respectivas médias. O mês de abril, por exemplo, choveu 321,9% a mais do que a média esperada. Os cinco meses mais chuvosos (janeiro, fevereiro, março, abril e maio) choveram 80,7 % do total anual.

As Figuras 17 e 18 mostram as médias mensais das contribuições individual (CI) e acumulada (CAC) da precipitação pluvial, em %, nas margens norte e sul do alto curso do Rio Paraíba.

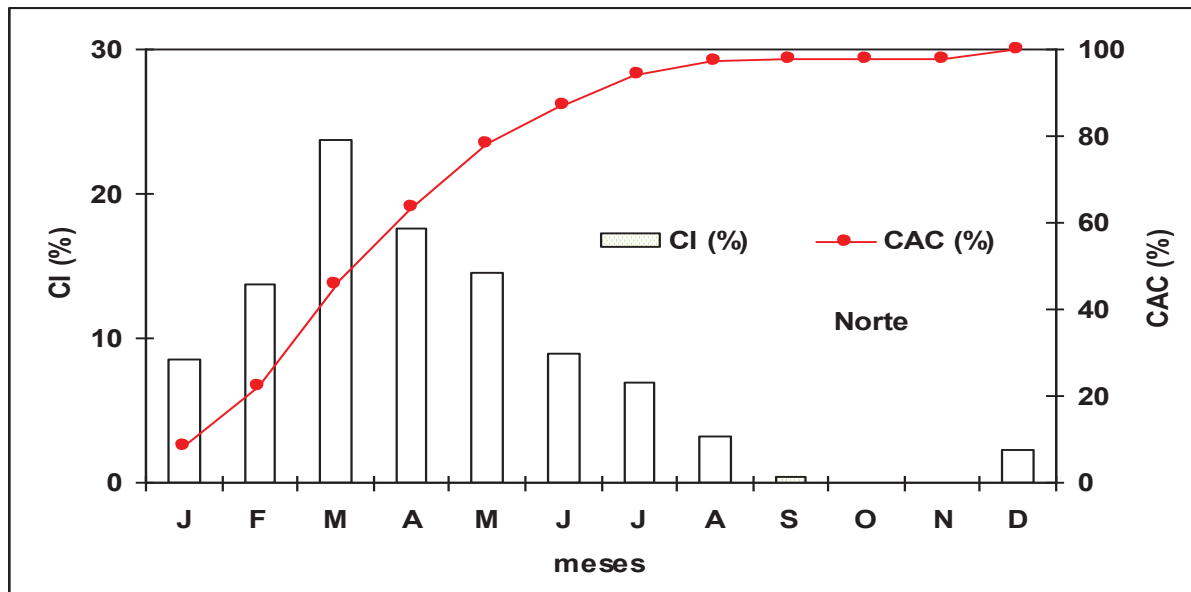


Figura 17. Médias mensais de contribuições individuais (CI) e acumuladas (CAC) da chuva, dos locais situados às margens esquerda (Norte) do alto curso do Rio Paraíba.

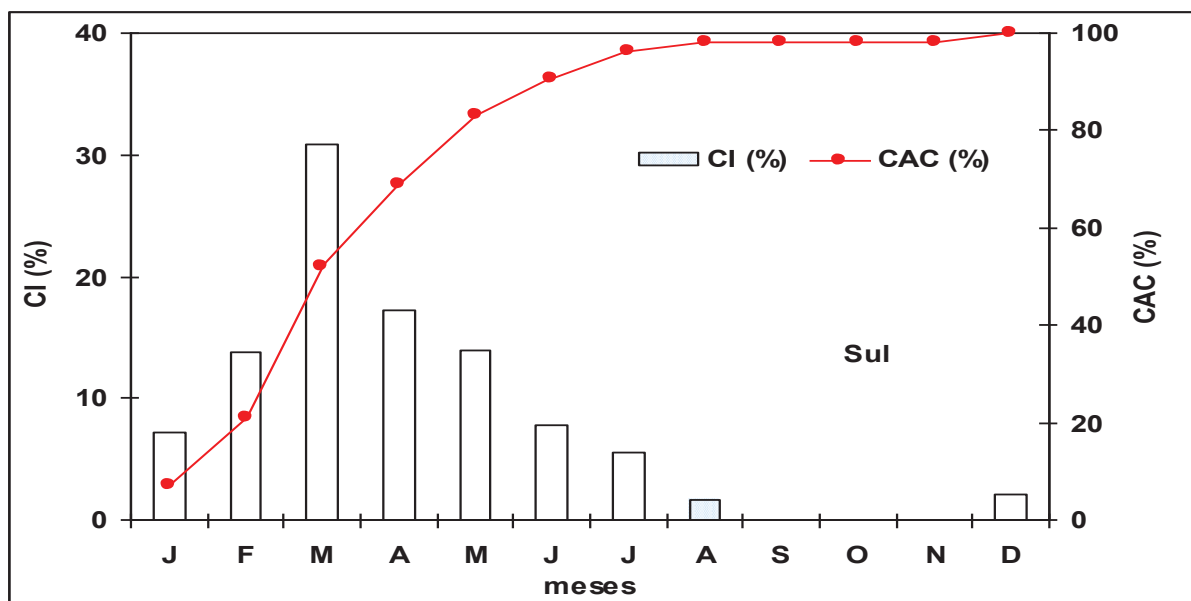


Figura 18. Médias mensais de contribuições individuais (CI) e acumuladas (CAC) da chuva, dos locais situados às margens direita (sul) do alto curso do Rio Paraíba.

Constata-se nas Figuras 17 e 18 que o mês de março (o mais chuvoso), tanto na margem norte quanto na sul, contribui com 23,7 e 30,9%, respectivamente, de toda água da chuva que cai na bacia de drenagem do alto curso do rio Paraíba.

Acumulando-se apenas os meses da estação chuvosa, os locais da margem esquerda (Figura 17) contribuem com 63,5 % e os da direita com 69,1 % (Figura 18). Ressalta-se, entretanto, que a maior contribuição hídrica da margem norte, menos chuvosa, se deve a maior área de drenagem. Os percentuais de contribuição são bem semelhantes aos encontrados por Almeida, Silva & Nascimento (2008), para a sub-bacia do Rio Seridó, na microrregião do Seridó da Paraíba.

Nas Figura 19 e 20 são apresentadas as contribuições individuais, em %, e áreas de captação de cada município, ao norte e ao sul, do alto curso do Rio Paraíba, ordenado de forma crescente em função do total mediano anual.

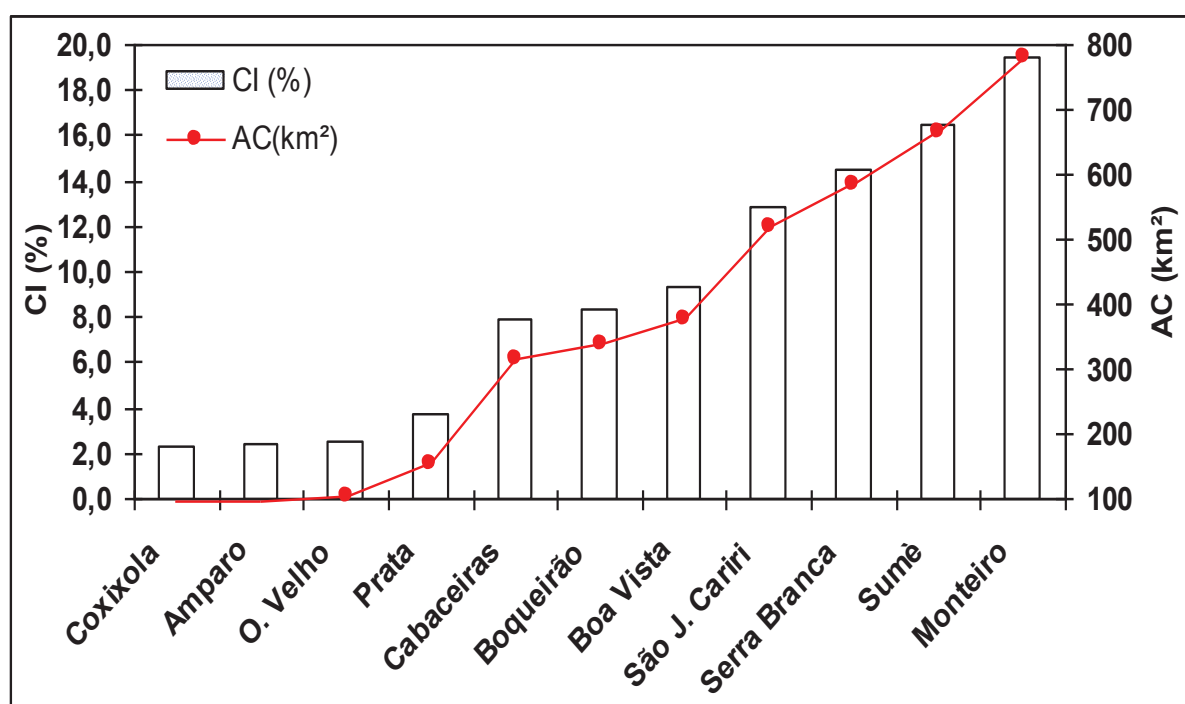


Figura 19. Relação entre as contribuições individuais (CI) e área de captação (AC), para os locais, as margens Norte do alto curso do Rio PB.

As menores contribuições de área de escoamento superficial no alto curso do Rio Paraíba provêm das áreas territoriais de Coxixola (margem norte), com 2,3 % (Figura 19) e Congo, margem sul, com 7,1 % (Figura 20). Em termos de área de contribuição, Monteiro e São João do Tigre têm as maiores áreas (781,6 e 649,8 km²), já os municípios de Coxixola e Congo têm os menores, com (94,3 e 217,2 km²).

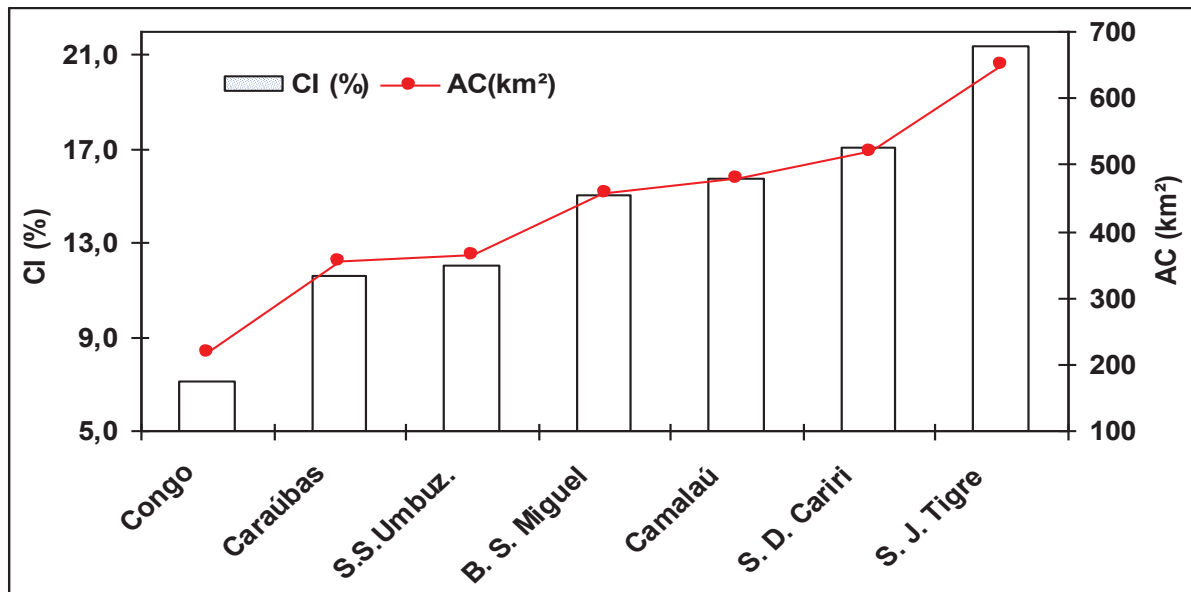


Figura 20. Relação entre as contribuições individuais (CI) e área de captação (AC), para os locais, as margens sul (direita) do alto curso do Rio PB.

Destaca-se, entretanto, que o somatório das áreas territoriais dos cinco primeiros municípios da margem norte (Coxixola, Amparo, Ouro Velho, Parta e Cabaceira) é menor que área do município de Monteiro, que representa 19,4% de toda área da margem norte do alto curso do Rio Paraíba. O mesmo não ocorre na margem sul, embora a área de drenagem da maior área territorial (São João do Tigre) seja três vezes maior que a de Congo.

A Figura 21 mostra as áreas de drenagem superficial total (ADT) e as médias anuais de chuvas nas margens norte e sul do alto curso do Rio Paraíba.

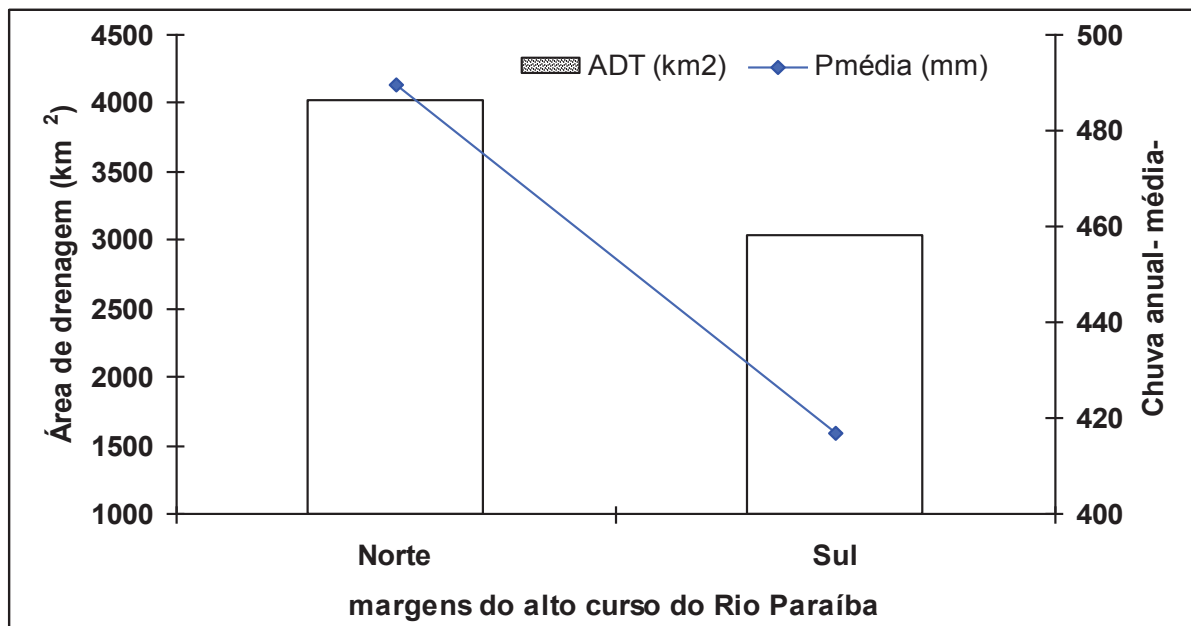


Figura 21. Relação entre a área de drenagem superficial total (ADT) e a precipitação pluvial-média anual, para os locais às margens Norte e Sul do alto curso do Rio Paraíba.

Verifica-se, na citada Figura, que a área total de drenagem da margem norte do alto curso do Rio PB é 32,4 % maior que a sul e chove 17,44 % a mais. Em termos médios, para cada mm de chuva na margem sul equivale a 1,2 mm na margem norte. Com relação à vazão superficial, admitindo-se que toda a chuva fosse escoada superficialmente, 1 mm produziria uma vazão de 4,03 milhões de m³ na margem norte e de 3,04 milhões de m³ na sul.

Usando o mesmo raciocínio, a média anual de chuva, acumulada para as duas margens, totaliza uma vazão da ordem de 3,24 bilhões de m³ de água. Esse montante, não chega obviamente ao açude Epitácio Pessoa, por que frações dessa monta são infiltradas, evaporadas, escoadas e/ou barradas em outros reservatórios antes mesmo de chegar a esse reservatório. Por isso, a construção de pequenos reservatórios a montante do Epitácio Pessoa, além de não resolver a disponibilidade hídrica local, pode comprometer a regularização desse reservatório.

As contribuições parciais do regime pluvial anual (CP), transformando para milhões de m³, e as respectivas áreas efetivas de drenagem, em km², para cada município do alto curso do Rio Paraíba, são mostradas na Figura 22.

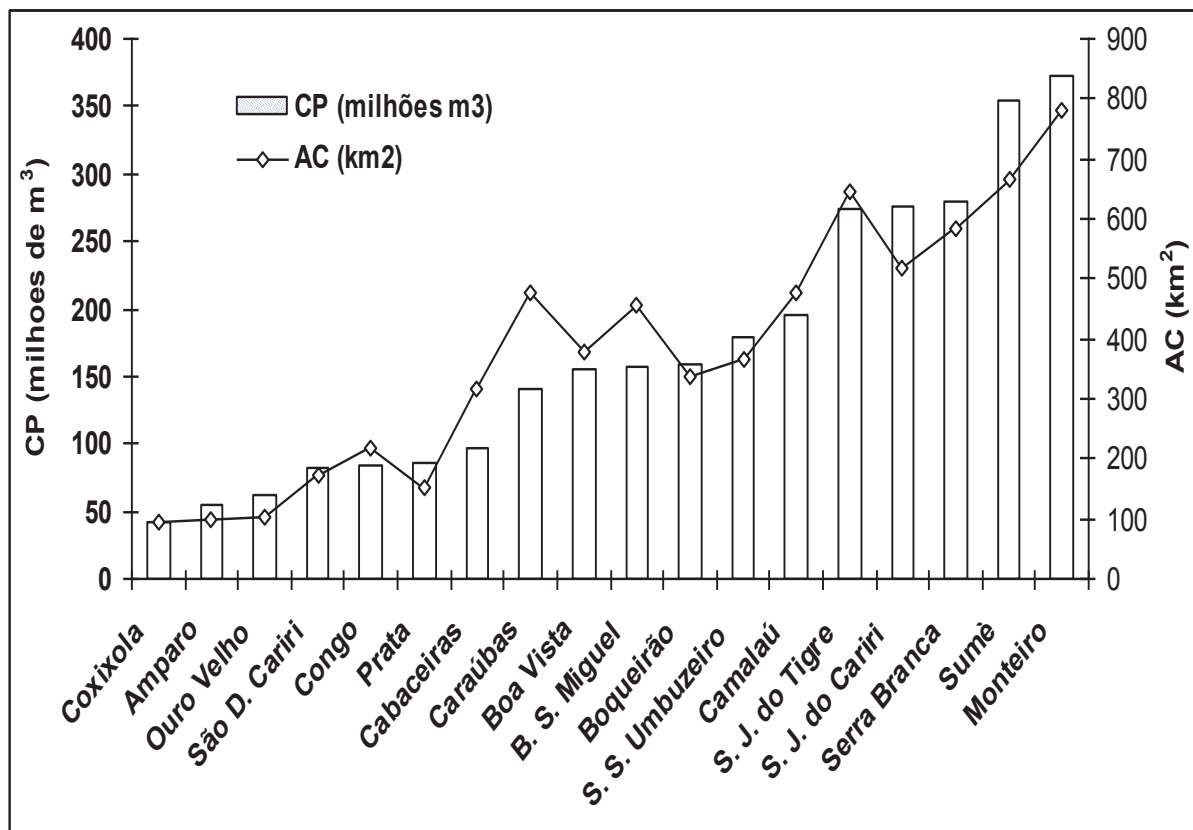


Figura 22. Contribuição pluvial (CP) e área de contribuição parcial (ACP) das áreas territoriais dos locais que integram o alto curso do Rio Paraíba.

Contabilizando-se os cinco primeiros e os últimos, dos dezoito locais que compõem o alto curso do Rio Paraíba, verifica-se que as contribuições para a vazão total são de 10, 7 e 51,0 %, respectivamente, ou seja, as áreas territoriais de São João do Tigre, São João do Cariri, Serra Branca, Sumé e Monteiro interceptam cinco vezes mais. Destaca-se, ainda, que Coxixola, Amparo, Ouro Velho, São Domingos do Cariri e Congo chovem 40 mm a mais (2480-2440 mm), assim sendo, a contribuição se deve a área de captação que é três vezes maior.

Como há certa dificuldade em compreender o sistema de unidade de medida da chuva, quando usada em altura (mm) ou em volume por unidade de área ($L.m^{-2}$). Para esclarecer e compreender melhor essas relações optou-se em apresentar as Figuras 23 e 24 com as medianas anuais de precipitação pluvial, ordenada de forma crescente, dos locais que se situam as margens direita (sul) e esquerda (norte) do alto curso do Rio Paraíba.

Fazendo-se uma análise comparativa, observa-se que a amplitude pluvial da margem norte é 305 mm e da Sul 148 mm, ou seja, Ouro Velho é o local mais chuvoso (610,5 mm) e Cabaceiras o menos chuvoso (305,6 mm anuais). Já, na margem sul (Figura 23), São Sebastião do Umbuzeiro (489,6 mm) e Barra de São Miguel (341,6 mm) foram, os locais onde chove mais ou menos, respectivamente.

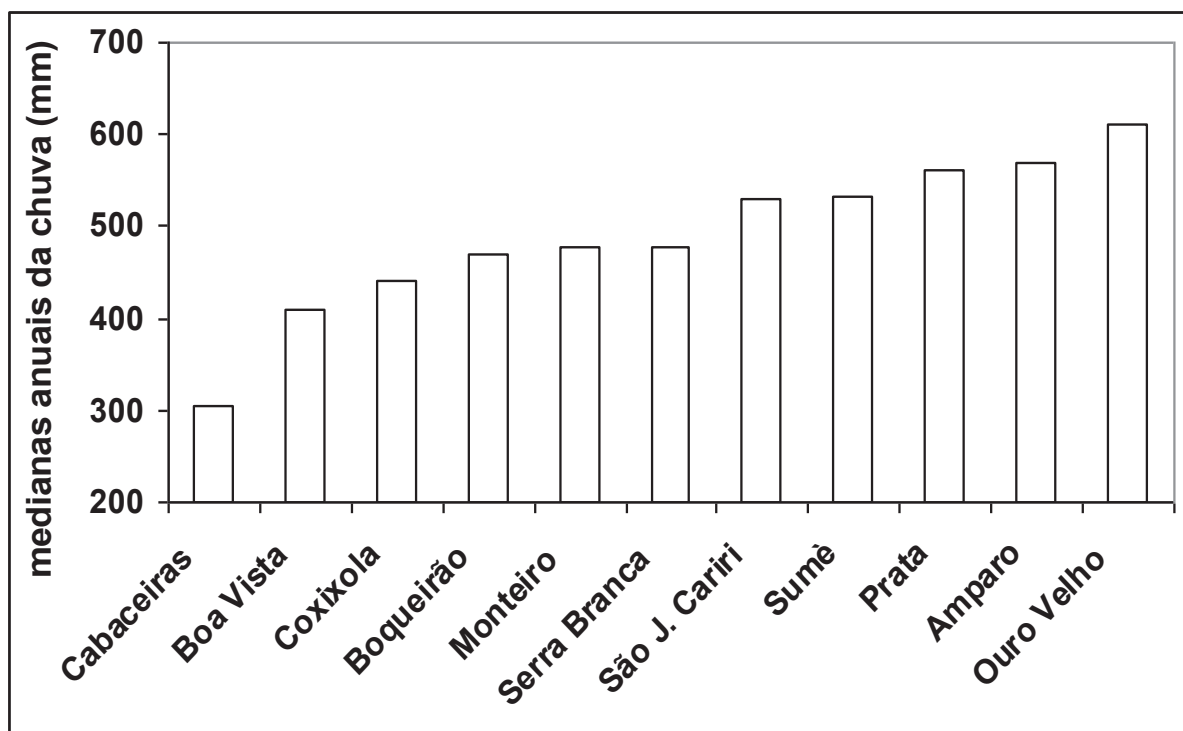


Figura 23. Medianas anuais de chuvas nas localidades as margens norte do alto curso do Rio Paraíba.

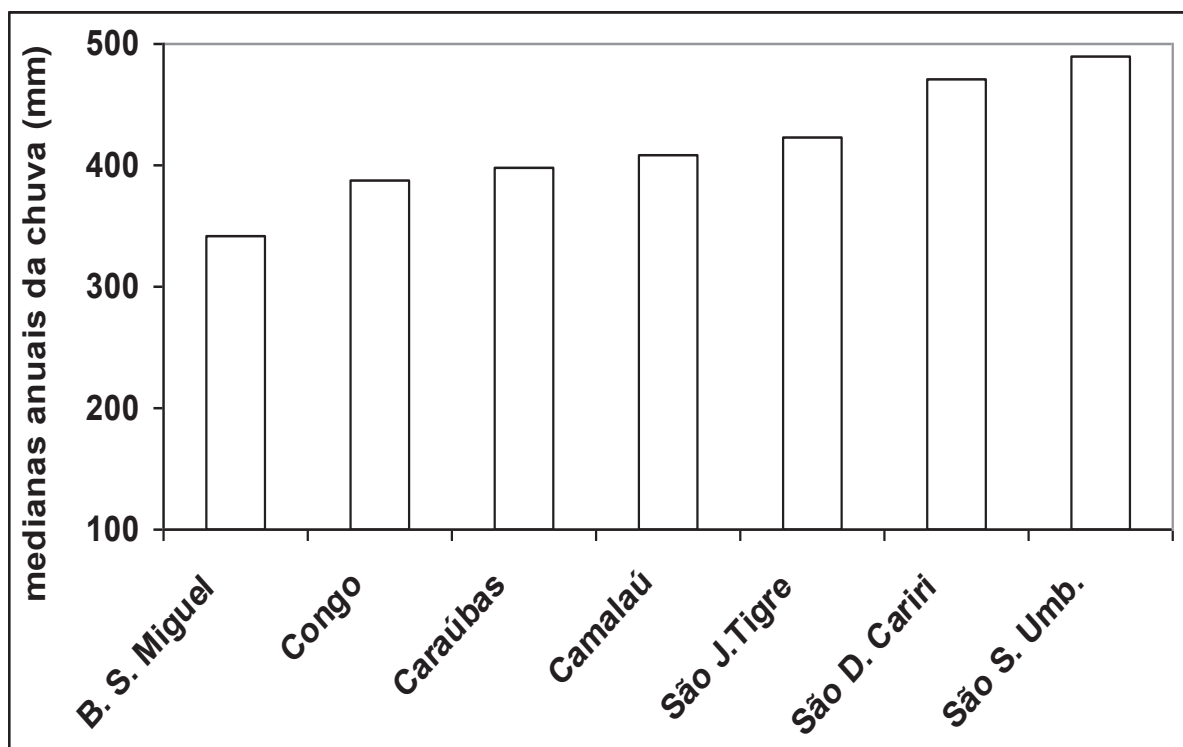


Figura 24. Medianas anuais de chuvas nas localidades as margens sul do alto curso do Rio Paraíba.

Pelo valor da amplitude da chuva, constata-se, também, que a margem sul do alto curso, embora menos chuvosa, a distribuição é mais regular do que a norte.

Diversos indicadores têm sido utilizados para caracterizar o termo seca. Entretanto, estabelecer uma definição universal desse evento tem se mostrado uma tarefa difícil, porque na área científica reconhece-se quatro tipos de seca: meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica. Por isso, vários indicadores têm sido utilizados para quantificar, padronizar e comparar a seca em base temporal e regional, dentre eles o Índice Padronizado de Precipitação Modificado (SPIM).

Os valores médios mensais dos SPIMs, das localidades ao norte a ao sul do alto curso do rio Paraíba, nos meses mais chuvosos, são apresentados na Figura 25. Os SPIMs variaram de 0,21 a 0,40 na margem Norte e de 0,11 a 0,37 na Sul. Como as médias mensais dos locais de cada uma das margens foram positivos, indica que a categoria de seca, baseado neste índice, é próxima a normal ou seca incipiente. Contabilizando-se a frequência de SPIMs constatou-se que a margem norte tem 66,7 % dos meses com valores superiores aos da margem sul.

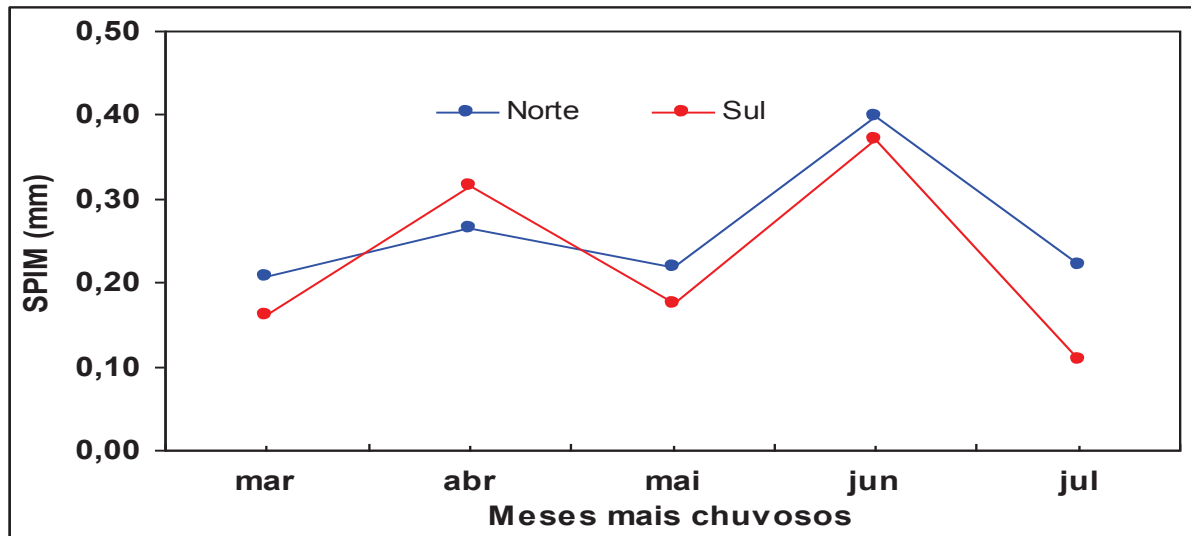


Figura 25. Médias dos índices padronizados de precipitação pluvial modificada (SPIM), para os meses mais chuvosos, das localidades ao Norte e ao Sul do alto curso do Rio Paraíba.

A erosão pluvial é provocada pela retirada de material da parte superficial do solo pela água da chuva, ação essa que é acelerada quando no solo desprotegido de vegetação. A primeira ação da chuva se dá através do impacto das gotas d'água sobre o solo. A ação da erosão pluvial aumenta à medida que mais água da chuva se acumula no terreno.

A intensidade e a duração da chuva são os “fatores” mais relacionados ao processo de erosão. Os índices de erosão da margem norte e sul do alto curso do Rio Paraíba são apresentados na Figura 26. Observa-se que os meses de fevereiro, março e abril são os que têm maior poder erosivo e juntos representam 68,2% do potencial erosivo anual.

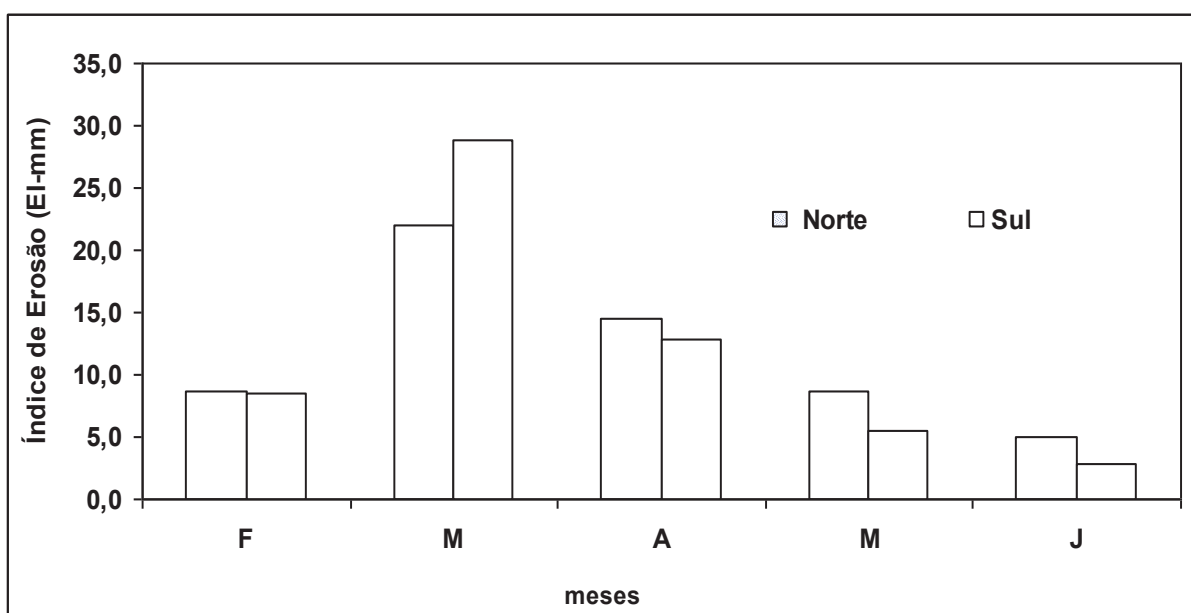


Figura 26. Médias mensais dos índices de erosão (EI), de fevereiro a julho, das margens norte e sul do alto curso do Rio Paraíba.

Embora não tenha sido mostrado na Figura 26, os índices de erosão foram praticamente nulos nos meses de primavera e os de início de verão, uma vez que não há chuvas neste período. O mês de março foi o que apresentou maior EI, o que pode ser explicado por duas razões simples; primeira por que março é o mais chuvoso e segundo, por que a precipitação ocorre de forma torrencial, devido à predominância de chuva convectiva. Salienta-se, ainda, que esse tipo de chuva predomina na maioria dos eventos nos meses de janeiro e fevereiro.

Contabilizando-se os EI da Figura 26, constata-se que em 75 % dos meses a margem norte apresentou valores médios de EI superiores aos da margem sul e em ambas as situações geográficas, os meses de março e abril são os que têm maior poder erosivo, o equivalente a 52 e 62 % do total anual, respectivamente. Acumulando-se, anualmente, as localidades a esquerda do alto curso do Rio PB têm um potencial erosivo 5% maior que as da direita.

Diante da importante que a sub-bacia do Rio Taperoá tem para o alto curso do Rio Paraíba, há necessidade de se estabelecer as principais características do regime pluvial desse afluente. De forma resumida, a Figura 27 contempla as médias mensais da média, mediana e desvio padrão das localidades que compõem a sub-bacia do rio Taperoá.

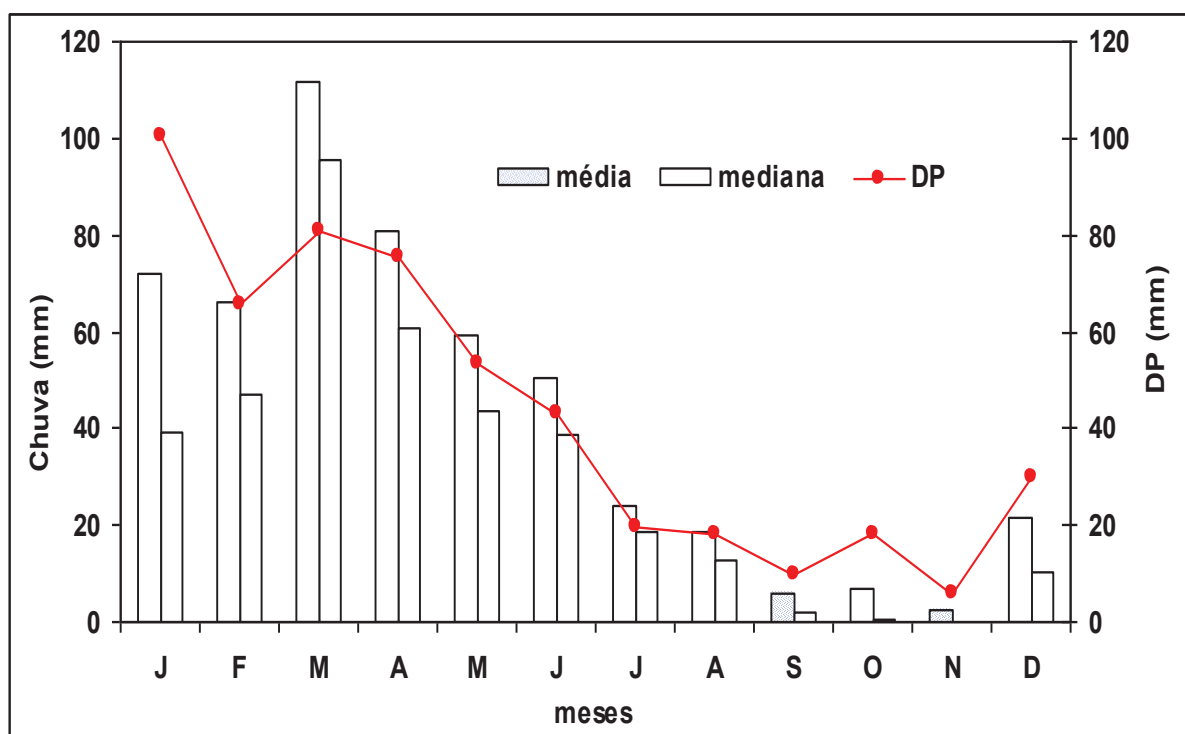


Figura 27. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da chuva para a sub-bacia do Rio Taperoá.

Observa-se (Figura 27) que a sub-bacia do Rio Taperoá assim como o alto curso do Rio Paraíba apresenta elevada dispersão, quantificadas mediante os respectivos desvios

padrão (DPs), cujos valores são maiores que as médias de agosto a fevereiro. Assim, sendo, o modelo de distribuição é assimétrico e, portanto, a mediana é o valor mais provável de ocorrer. Esses resultados estão de acordo com os encontrados para outras localidades do nordeste brasileiro por Almeida & Lima (2007); Almeida & Pereira (2007); Almeida & Oliveira (2009); Almeida & Gomes (2011), que numa distribuição do tipo assimétrica, a medida de tendência central recomendada é a mediana e não a média.

A Figura 28 compara as medianas mensais da precipitação pluvial do alto curso do Rio Paraíba com as da sub-bacia do Rio Taperoá. Verifica-se que, em 75 % dos meses, essa medida de tendência central é maior na sub-bacia e, em 8,1 %, do total anual, o que equivale a 40 litros por m².

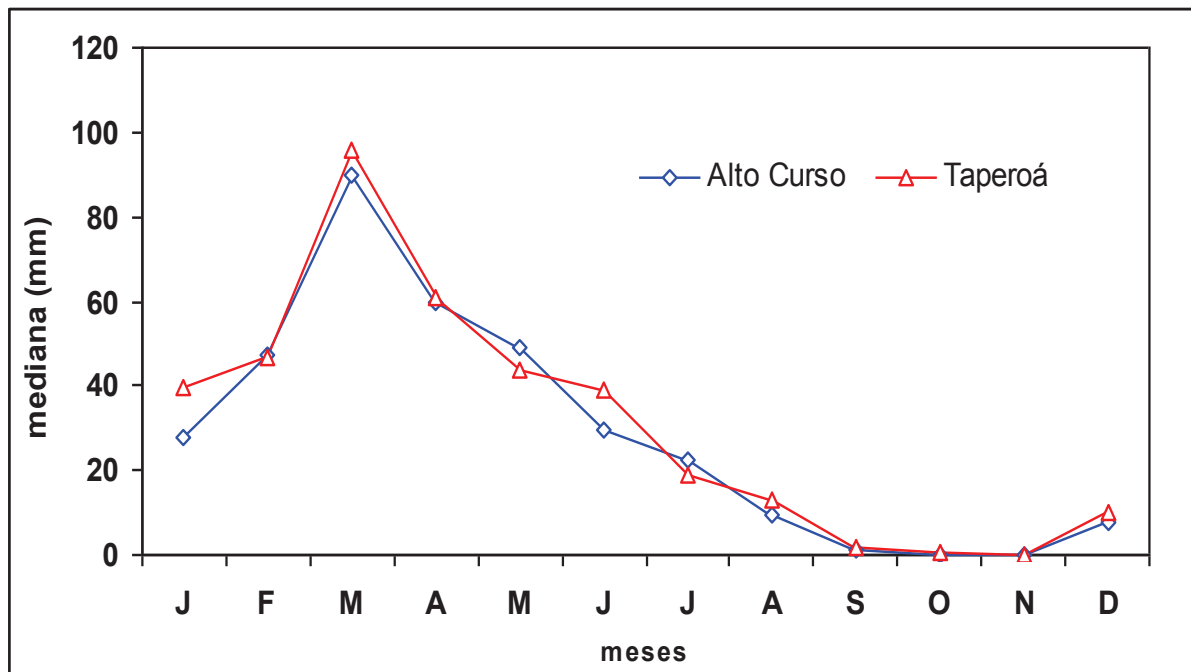


Figura 28. Comparação das medianas da chuva do alto curso do Rio Paraíba com a sub-bacia do Rio Taperoá.

A distribuição dos totais anuais de precipitação, ordenado de forma crescente, para 20 localidades que compõem a sub-bacia do Rio Taperoá, consta na Figura 29. Observa-se uma elevada variabilidade nos totais medianos anuais na sub-bacia, cuja amplitude é de 497 mm, ou seja, maior do que o total mediano anual do local menos chuvoso (Cabaceiras com 305,6 mm).

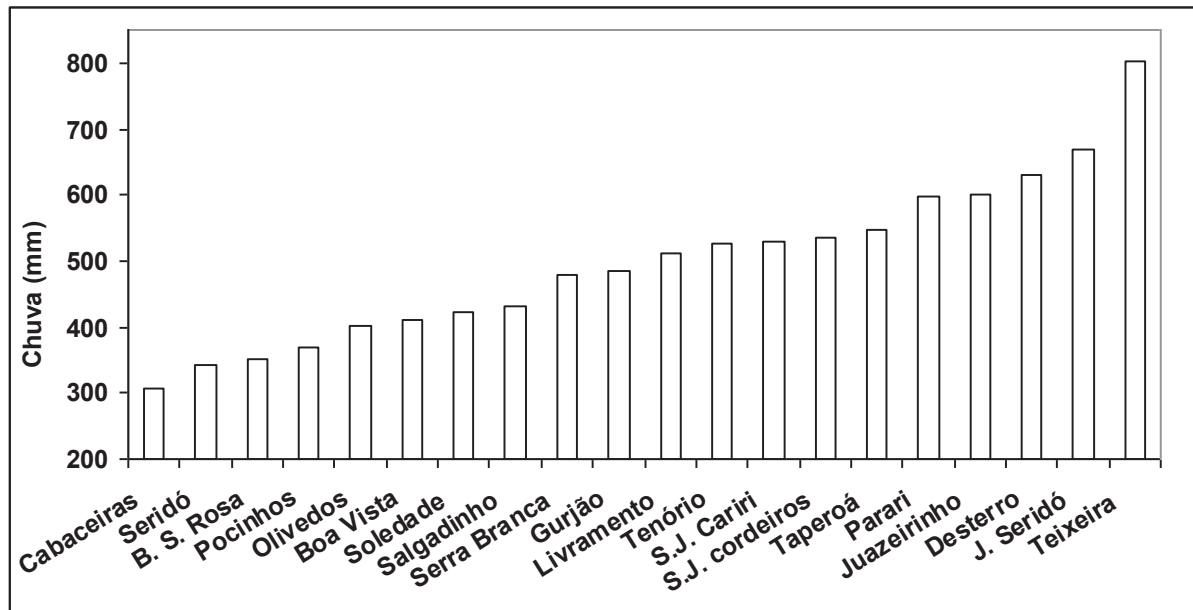


Figura 29. Medianas anuais de precipitação pluvial, por localidade, da sub-bacia do Rio Taperoá.

A Figura 30 relaciona os totais médios anuais de cada local, ordenados de forma crescente, com a mediana das vinte localidades que compõem a sub-bacia do Rio Taperoá, dos quais dez têm médias anuais inferiores ao valor mediano.

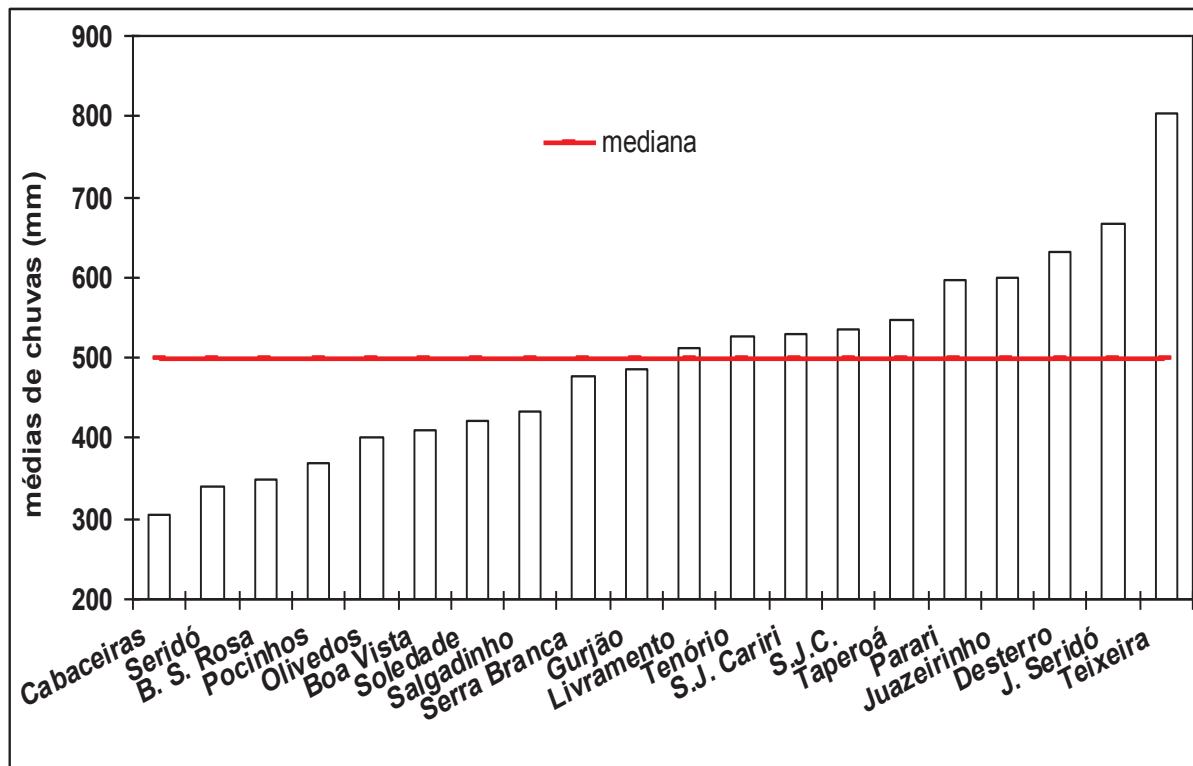


Figura 30. Relação entre as médias anuais de chuvas e mediana dos 20 locais que compõem a sub-bacia do Rio Taperoá.

Comparando-se as médias das médias, medianas e desvio padrão da precipitação pluvial, dos meses da estação chuvosa, das localidades que compõem as bacias de drenagem da sub-bacia do Rio Taperoá (Figura 30), com as do alto curso do Rio Paraíba (Figura 15), constata-se que em ambas, a distribuição de chuva, mesmo nesse curto período de tempo, difere tanto de quantidade quanto em distribuição. Nos cinco meses, chovem 77,5 % do total anual, no alto curso do rio Paraíba, e 79,8 % na sub-bacia do Rio Taperoá (Figura 31).

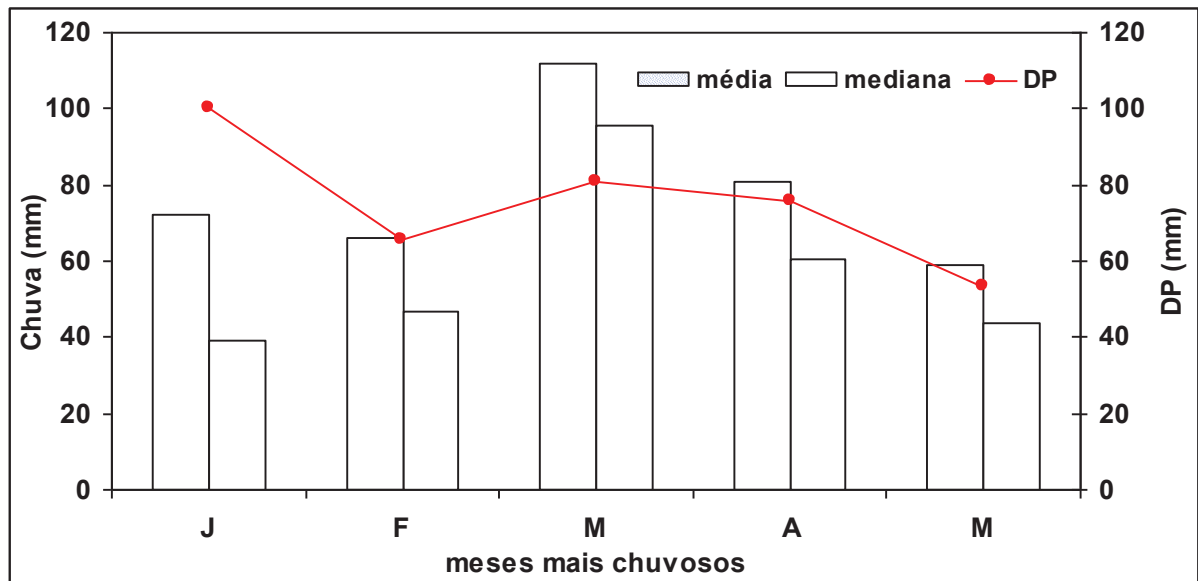


Figura 31. Médias mensais da média, mediana e desvio padrão da precipitação pluvial, para os meses da estação chuvosa, da sub-bacia Rio do Taperoá.

A análise comparativa dos indicadores de seca do alto curso do rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá, indicada através dos valores dos Índices Padronizados de Precipitação Modificados (SPIM), apenas para os meses com quantidade de chuva maior ou igual a 20 mm, constam na Figura 32.

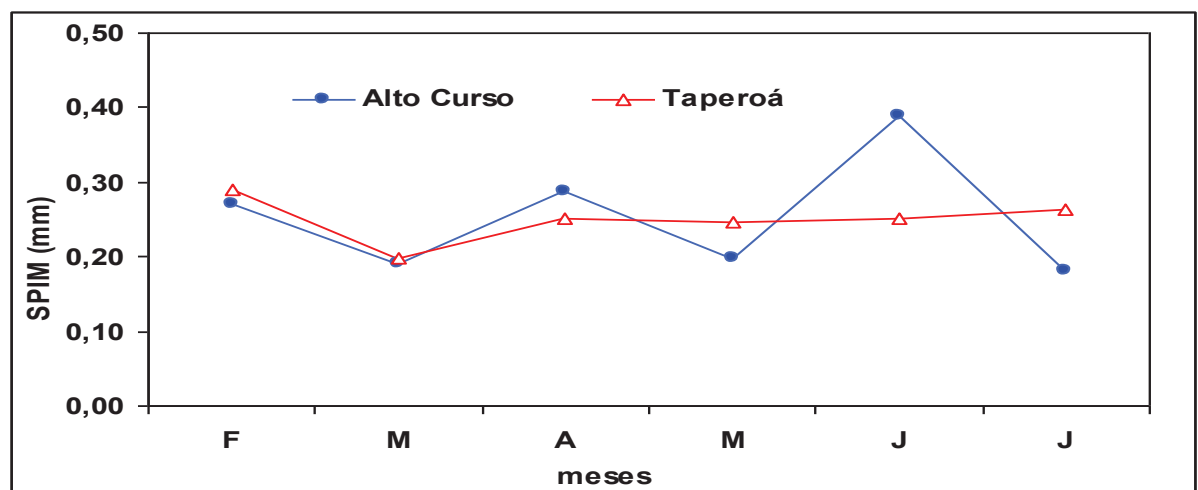


Figura 32. Comparação das médias mensais dos índices padronizados de precipitação pluvial modificado (SPIM) do alto curso do Rio PB com os da sub-bacia do Rio Taperoá.

Verifica-se que os SPIM dos meses de abril e junho no alto curso do Rio Paraíba são maiores que os da sub-bacia do Taperoá, mesmo assim, a categoria de umidade não difere, ou seja, em ambas os cursos d'água, por esse critério, são classificadas próxima a normal.

As curvas comparativas dos índices de erosão da sub-bacia do Rio Taperoá com os do alto curso do Rio Paraíba, para os mesmo meses, são apresentadas na Figura 33.

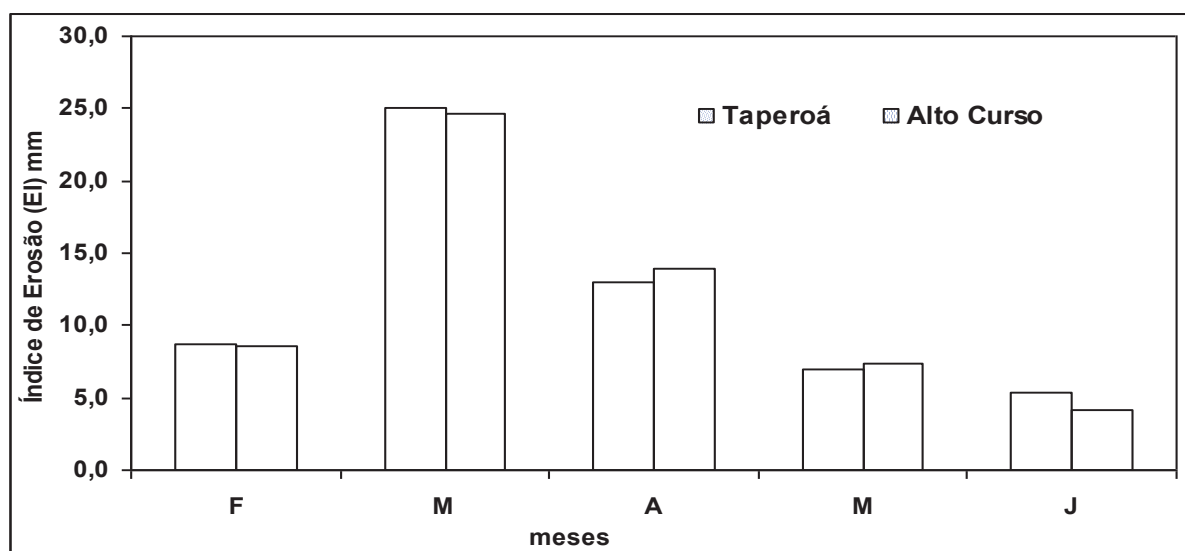


Figura 33. Médias mensais dos índices de erosão (EI), de fevereiro a julho, da sub-bacia do Rio Taperoá e do alto curso do Rio Paraíba.

Os histogramas do poder erosivo mostram-se bastante semelhantes quando se compara um com outro. Os meses de março e abril têm os maiores poderes erosivos, juntos somam 80,8 e 84,8% do potencial erosivo anual, embora março tenha um EI equivalente a 35 %.

Para averiguar o regime pluvial no ano mais chuvosa na sub-bacia do Taperoá em relação à mediana esperada, a Figura 34 relaciona as duas situações temporais distintas. Observa-se que as cursas desse curso d'água em relação ao do alto curso (Figura 16) têm alguma semelhança no tempo (mês), mas não necessariamente, em valor. Abril, por exemplo, na sub-bacia do Taperoá (Figura 34) choveu cerca de 20% a menos que no alto curso.

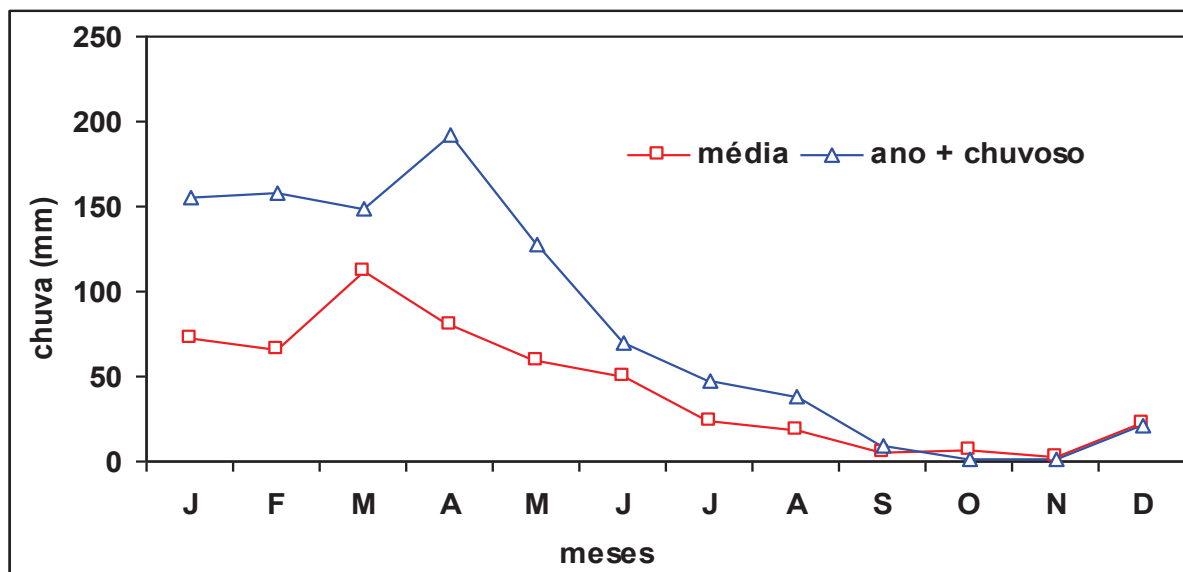


Figura 34. Comparação entre as médias mensais esperadas de chuva da sub-bacia do Rio Taperoá e a observada no ano mais chuvoso.

Os totais mensais do ano mais chuvoso no alto curso do Rio Paraíba e da sub-bacia do Rio Taperoá são confrontados entre si na Figura 35.

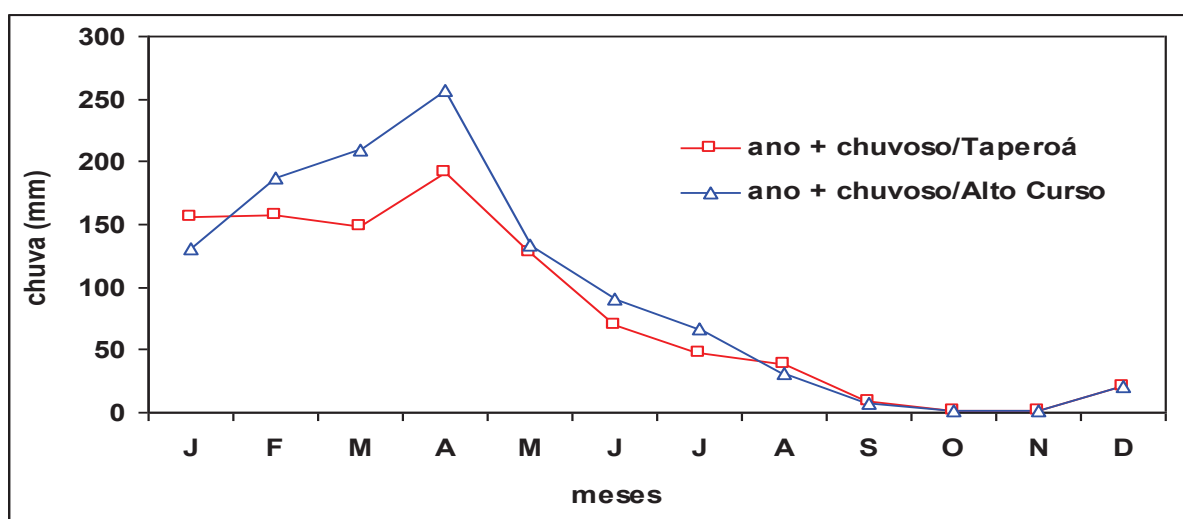


Figura 35. Comparação dos totais mensais de chuva da sub-bacia do Rio Taperoá, no ano mais chuvoso, com os do alto curso do Rio Paraíba.

Para essa condição extrema, o alto curso recebeu no ano mais chuvoso 166 mm (17,1%) a mais de chuva que a sub-bacia do Taperoá. Somente no mês que mais chove (abril), essa diferença foi de 65 mm. Mesmo essa análise simples, constata-se que o regime de distribuição de chuvas é irregular tanto no tempo quanto no espaço. Resultados esses que concordam com os encontrados por Almeida & Pereira (2007) e Almeida & Gomes (2011), com relação ao modelo assimétrico da chuva em outros locais e/ou microrregiões do estado da Paraíba.

As maiores contribuições individuais mensais (CI, em %) da precipitação pluvial no alto curso do Rio Paraíba e na sub-bacia do Rio Taperoá são mostradas na Figura 36.

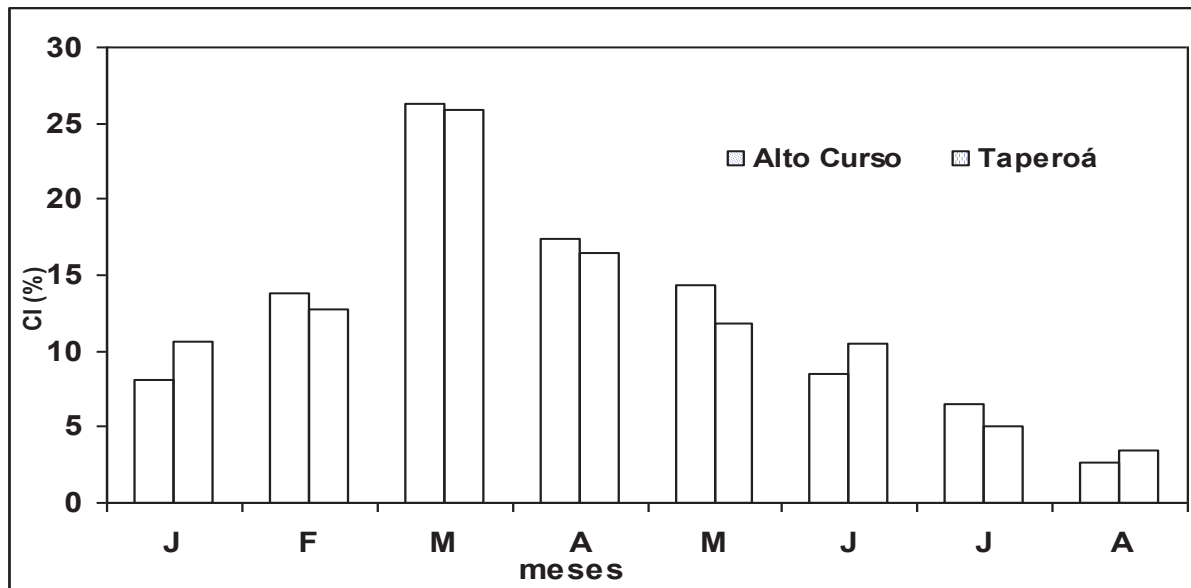


Figura 36. Contribuições mensais da precipitação pluvial (CI) no alto curso do Rio Paraíba e na sub-bacia do Rio Taperoá

Comparando-se cada contribuição mensal, observa-se que as diferenças quando um curso d'água com o outro são muito pequenas. A maior contribuição do regime pluvial ocorre de fevereiro a maio com 71,7% no alto curso do Rio Paraíba contra 66,9 % na sub-bacia do Rio Taperoá. Embora, março contribui com quase 30% de toda água que flui no alto curso do Rio Paraíba e para a sub-bacia do Rio Taperoá. Valor esse muito próximo aos 30,8 % encontrado por Almeida & Nascimento (2009) para a sub-bacia hidrográfica do Rio Seridó.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, incluindo a sub-bacia do Rio Taperoá:

- a) O comprimento do rio principal do alto curso do Rio Paraíba é de 198 km, o gradiente dos canais é de 0,59 % e a sinuosidade é retilínea;
- b) A extensão do percurso superficial é de 0,652 km;
- c) A figura geométrica do alto curso do Rio Paraíba é retangular (de área mínima);
- d) A densidade de drenagem é de 0,76 km/km² e o padrão de drenagem é dentrítica;
- e) A hierarquia fluvial é de 6^a ordem, tem um expressivo número de tributários de 1^a ordem e o desenho assemelha-se aos ramos de uma árvore;
- f) A amplitude hipsométrica foi de 845 m, com cota maior de 1.170 m e menor de 325 m;
- g) As maiores altitudes e declividades situam-se em São João do Tigre, variando de 1.076 a 1.170 m e de 45 a 75 %, respectivamente;
- h) A densidade hidrográfica foi de 0,622 canais por cada km²;
- i) O relevo é suave e a relação de relevo foi de 0,43 %;
- j) O regime de distribuição de chuva é irregular, assimétrico e o coeficiente de assimetria é positivo;
- k) A mediana da precipitação pluvial é a medida de tendência central mais provável de ocorrer;
- l) A margem norte do alto curso do Rio Paraíba chove, anualmente, 70 mm a mais que a sul e a dispersão foi 11% menor;
- m) As amplitudes pluviais anuais dos locais situados tanto à margem esquerda quanto à direita são elevadas, 304,9 mm (99,8 %) e 148 mm (43,3%), respectivamente;
- n) Os locais situados às margens norte do alto curso drenam 84,4% a mais que os do sul;

- o) Os meses de janeiro a maio, em ambas as margens, constituem a curta estação chuvosa, sendo janeiro e maio os meses da pré e pós estação;
- p) A estação chuvosa contribui, em média, com 60% de toda vazão superficial do alto curso;
- q) Os totais pluviais observados no ano mais chuvosos foram sempre maiores que as respectivas médias esperadas;
- r) Os municípios de Coxixola (margem norte) e Congo (margem sul) têm as menores áreas de contribuição para o escoamento superficial no alto curso do Rio Paraíba;
- s) A soma das áreas territoriais dos municípios de Coxixola, Amparo, Ouro Velho, Prata e Cabaceiras é inferior a área do município de Monteiro;
- t) A maior área territorial da margem sul (São João do Tigre) é três vezes maior que a de Congo;
- u) A área drenante da margem norte é 32,4 % maior que a do sul e chove 17,4 % a mais;
- v) A vazão potencial bruta da água da chuva (escoamento superficial), no alto curso do Rio Paraíba, é da ordem de 3,24 bilhões de m³ por ano;
- w) A amplitude pluvial anual da margem norte foi 305 mm contra 148 mm da Sul;
- x) Os valores dos Índices Padronizados de Precipitação Modificado da margem norte do alto curso do rio Paraíba foram 66,7 % maiores que os da margem sul;
- y) As chuvas que ocorrem de fevereiro a abril têm maior poder erosivo e juntos representam 68,2% do potencial erosivo anual;
- z) A frequência de ocorrência dos índices de erosão pluvial na margem norte do alto curso do Rio Paraíba foi 75% maior que na margem sul;
- aa) O regime pluvial do alto curso do Rio Paraíba difere do da sub-bacia do Rio Taperoá;
- bb) A categoria de seca/umidade, na estação chuvosa, no alto curso do Rio Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá é insipiente e/ou próximo ao normal;

- cc) No ano mais chuvoso, o alto curso do rio Paraíba choveu 166 mm (17,1%) a mais do que na sub-bacia do Taperoá;
- dd) A maior contribuição do regime pluvial ocorre de fevereiro a maio com 71,7% no alto curso do Rio Paraíba contra 66,9 % na sub-bacia do Rio Taperoá;
- ee) O software ArcGis 9.3 é um tecnologia importante para caracterizar ao parâmetros morfométricos de um bacia hidrográfica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA- Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil, abastecimento urbano de água**. 72 p. Disponível em <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx> > acesso em: 21 mar. 2011.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Geoportal, **Acervo de mapas**. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 20 nov. 2010.

ALMEIDA, H. A. de, GOMES, M. V. A. **Potencial para a captação de água da chuva: alternativa de abastecimento de água nas escolas públicas de Cuité, PB**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17, Guarapari, ES, 2011, **Anais...**, Guarapari: CD-R.

ALMEIDA, H. A. de, OLIVEIRA, G. C. de S. **Potencial para a captação de água de chuvas em Catolé de casinhas, PE**. In: Simpósio de Captação de água de chuvas no semi-árido, 7, Caruaru, PE. CD-R, 2009.

ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L. **Caracterização do regime pluvial da microbacia de drenagem da barragem de Vaca Brava, Areia, PB**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15, São Paulo, SP, 2008, **Anais...**, São Paulo: CD-R

ALMEIDA, H. A. de, SILVA, L; Nascimento, V. C. **Caracterização do regime pluvial na sub-bacia hidrográfica do Rio Seridó**. In: IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 9, Salvador, BA, 2008, **Anais...**, Salvador: CD-R.

ALMEIDA, H. A. de; MARINHO, C. F. C. E. **Determinar as principais características físico-hídricas da microbacia de drenagem do açude Epitácio Pessoa**. Campina Grande, 2008. 36p. Relatório de Iniciação Científica. Centro de Educação, Universidade Estadual da Paraíba.

ALMEIDA, H. A. de; MARINHO, C. F. C. E. **Diagnóstico socioambiental da microbacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa**. Campina Grande, 2007. 30p. Relatório de Iniciação Científica. Centro de Educação, Universidade Estadual da Paraíba.

ALMEIDA, H. A. de, PEREIRA, F. C. **Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, Aracaju, SE, 2007, **Anais...**, Aracaju: CD-R.

ALMEIDA, H. A. de, LIMA, A. S. **O potencial para a captação de água de chuvas em Tanques de Pedra.** In: 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuvas, Belo Horizonte, MG, 2007, CD-R.

ALMEIDA, H. A. de. **Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB.** In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13, Santa Maria, RS, 2003, **Anais...**, Santa Maria: CD-R

ALMEIDA, N. V. **Degradação da Paisagem na Sub-Bacia do Rio Timbó.** João Pessoa, 2002. 69 p. Monografia (Bacharelado em Geografia). Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba.

ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B. *et. al.* **Caracterização Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Riacho Desterro no Cariri e Alto Sertão Paraibano.** In: VIII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. 12 a 16 set. Recife: 2010, 12p.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Rev. Caminhos da Geografia.* Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, 2007.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. **Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo.** *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.5, n.6, 1999, p.125-34.

ASSIS, F. N., ARRUDA, H. V., PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática.** Pelotas, RS, Ed. Universitária/UFPEL, 1996, 161p.

BARLOW, M.; CLARKE, T. **Ouro azul: como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do nosso planeta.** São Paulo: M. Books, 2003, p. 15-34.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994, 83p.

BLAIN, G. C. ; BRUNINI, O. Análise da escala temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.2, 2007, 255-261.

BLAIN, G. C. Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do índice padronizado de precipitação (SPI) às condições climáticas do Estado de São Paulo. 2005. 120p. **Dissertação** (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais)- Instituto Agrônômico de Campinas, 2005.

BOTELHO. R.G.M. **Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica**. In: Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p. 269-272.

CASTRO, P. T. A.; ALVES, J. M. P.; LANA, C. E. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG – Brasil. **Revista Escola de Minas**. vol. 54 no. 2 Ouro Preto Apr./June 2001. Disponível em: <<http://www.Sciello.gov.br.htm>>. Acesso em : 08 abr 2011.

CARDOSO, C.A. et al. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.2, 2006, p.241-248.

CHISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ªed. São Paulo. Edgard Blücher, 1980, p. 03-50.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 10-65.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FRANCA, T. D. Governança da água. **Artigo**. Fortaleza, 2010. Disponível em < <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/artigos/Povo.pdf> > acesso em: 19 out. 2010.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 10-65.

_____. **Degradação ambiental**. In: CUNHA, S.B; Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 337-339.

GUERRA, Antônio, J. T. MARÇAL, Mônica, S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 196p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p. 19-290.

KEYANTASH, J. DRACUP, J.A, **The quantification of drought: An evaluation of drought indices**. Bull. Am. Meteor. Soc. 83(8): 1167-1180, 2002.

LEINZ, V., AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 5ª ed. São Paulo: Editora Nacional, 1970, P. 118.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. 28 p. **Artigo**. Disponível em < [http:// www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br) >. Acesso em: 02 dez. 2010.

MARTINS, R.; FELICIDADE, N. (Orgs.). **Limitações da abordagem neoclássica como suporte teórico para a gestão de recursos hídricos no Brasil**. In: FELICIDADE, N.; MARTINS, R.; LEME, A. Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2003. p.17-37.

McKEE, T.B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: **CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY**, 8, 1993, Boston. Proceedings American Meteorological Society, Boston: PREPRINTS, 1993. p.179 – 184.

MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J. e KLEIST, J. Drought monitoring with multiple times scales. In: **CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY**, 9.,1995, Boston. Proceedings American Meteorological Society , Boston: PREPRINTS, 1995. p.233 – 236.

MORTON, F. I. Operational estimates of aerial evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology. *Journal of Hydrology*, v.66, n.1/4, p. 1-76, 1983.

NOVO, E. M. L. M. **Ambientes fluviais**. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008

PALMER, W.C. **Meteorological drought**. Washington, US, Weather Bureau Res, nº 45, 1965, 58p.

PEREIRA, J. C. & MOLINARI, A. Experiências com microbacias em Santa Catarina. Resumo mesa redonda. 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. **Anais**. Boletim de Campo. Bauru, SP, 1995, p. 85-88.

PISSARRA, T.C.T. Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem. 1998. 124 p. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

RANZANI, Guido. **Manual de levantamentos de solos**. 2ªed. São Paulo: Edgard Blücher, 1969, p. 42-73.

RASMUSSEN, E. M., DICKINSON, R. E., KUTZBACH, J. E., CLEAVELAND, M. K. Climatology. In: MAIDMENT, D.R. **Handbook of hydrology**. New York: McGraw-Hill, Cap. 2, 1993, p.1-44.

REBOUÇAS, A. C. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas. **Revista Águas subterrâneas**. Net, São Paulo. nº 16. p. 1-13. maio 2002. Disponível em: <<http://www.Capes.com.br.htm>>. Acesso em : 08 set. 2010.

ROCHA, J. S. M. **Manual integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria, RS, Edições da UFSM, 1991, 181p.

ROCHA, J. S. M. da; KURTS, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4 ed. Santa Maria: UFSM/CCR, 2001. P.13-120.

SEMARH. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba - PERH/PB**. Caracterização das Bacias Hidrográficas. João Pessoa. 2004, 53 p.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E., CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMA, 2004, 140p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. In: TUCCI, C. M. Hidrologia, Ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH/EDUSP, v. 4. cap. 1. 1993, p. 25-23.

_____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Editora da Universidade (UFRGS) /Edusp/ ABRH, Porto Alegre, RS, 1997.

VALERIANO, Márcio de M. **Dados Topográficos**. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975, 16p.

WILHITE, D.A. **Drought as a natural hazard: conceptions and definitions**. In: WILHITE, D. A. Drought: a global assessment. London: Routledge, 2000, p. 3-18.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M.H. **Understanding the drought phenomenon: The role definitions**. In: WILHITE et al. Planning for drought toward a reduction of societal vulnerability. Colorado: West view, Cap. 2, 1987, p. 11-14.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Drought and agriculture**. Geneva, Switzerland, (WMO Tech. Note 138, Pub. WMO-392), 1975, 127p.