

## **Análise da correlação entre o relevo e a distribuição da precipitação na bacia do Rio Mamanguape/PB através de dados orbitais e geoprocessamento**

Priscila Pereira Souza de Lima <sup>1</sup>

Ivanildo Costa da Silva <sup>2</sup>

Mônica Aires de Macedo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário de João Pessoa- UNIPÊ/UBTECH  
Caixa Postal 318- 58053000 – João Pessoa - PB, Brasil  
pris\_psl@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Estadual da Paraíba-UEPB/CEDUC  
Caixa Postal 781/791-58429-500– Campina Grande - PB, Brasil  
ivan13silva@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal da Paraíba-UFPB/CCNEN  
Caixa Postal 5071 - 58059900 – João Pessoa - PB, Brasil  
aires.monica @ gmail.com

**Abstract.** With the advancement of technology, integrated analysis of different environmental constraints relief in terrestrial systems currently relies on significant contributions of remote sensing and GIS in order to perform analyzes faster and cheaper way, expanding possibilities for diagnostics, environmental monitoring and planning. The main objective of this research is to analyze through orbital data and geoprocessing correlation distribution of rainfalls of Mamanguape Basin River basin located in the Paraíba State, recorded by orbital satellite Rainfall Measurement Mission (TRMM) between the years 1998 and 2011, taking into account the relief altimetry data obtained from Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) and its effect on the rainfall distribution in the basin. The study covers the time series rainfall data recorded between the years 1998 and 2011, adding a total of thirteen (13) years. The main limitations found in this study relate to the small series studied temporal and spatial distribution of the sampling points of the rainfall data, which are not spread satisfactorily in basin studies. Noticed a strong relationship between levels of precipitation and elevation relief in Mamanguape Basin River, where the higher the relief is, the lower the basin recorded rain gauge indices.

**Keywords:** precipitation, relief, TRMM data, SRTM data, correlation analysis, time series.

### **1. Introdução**

Um dos principais fatores naturais que contribuem para o controle e espacialização dos índices de precipitação é o relevo. Bookhagen e Burbank (2006) comprovam tal influência de diferentes níveis topográficos na distribuição das chuvas, em um estudo voltado a analisar a influência do relevo nos índices de precipitação da face sul da Cordilheira do Himalaia. Em estudo semelhante na Cordilheira dos Andes, Bookhagen e Strecker (2008) também notaram tal influência.

A importância de estudar a espacialização das chuvas e sua relação com o relevo se dá pela irregularidade de sua distribuição em diversas áreas do planeta e por sua importância para fins de planejamento. “Estudar a variabilidade da precipitação é atualmente um desafio na área de recursos hídricos, sobretudo devido à grande relevância sobre as implicações da disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas” (SILVA et al., 2010). Esses autores revelam ainda, que estes estudos ganham relevância quando aplicados em bacias hidrográficas que estão localizadas em áreas semiáridas ou de transição. Caso esse observado na área de estudo.

A influência relevo na precipitação pode ocasionar as chuvas orográficas. As chuvas orográficas ou chuvas de relevo ocorrem quando o ar dotado de certo teor de umidade

movimenta-se paralelamente à superfície até encontrar um obstáculo, como a encosta de uma escarpa ou de uma montanha. O ar tende a continuar seu percurso devido à energia cinética que possui. Como o gradiente médio de decréscimo de temperatura é de 6 a 7°C para cada 1000 metros de elevação, o ar resfria-se cada vez mais à medida que se eleva devido ao obstáculo. Com isso, essa parcela de ar poderá se condensar, que ocorrerá quando a temperatura do ponto de orvalho tornar-se igual ou maior que a temperatura dessa própria parcela, formando colunas de nuvens normalmente situadas sobre esses obstáculos (CÂNDIDO; NUNES, 2008).

Estudos desse porte no estado da Paraíba são importantes por esse ser o estado da região Nordeste do Brasil que apresenta uma das maiores variabilidades espaciais nos índices pluviométricos. No agreste/litoral a precipitação média anual está acima de 1083,4 mm/ano, no sertão os valores médios são de 821,9 mm/ano, e por fim na região do Cariri/Curimataú a média alcança até 516,1 mm/ano (ARAÚJO et al., 2008).

Diante do exposto, o objetivo principal dessa pesquisa é analisar através de dados orbitais e geoprocessamento a correlação da distribuição dos índices de precipitação da bacia do Rio Mamanguape registrados pelo satélite orbital *Rainfall Measurement Mission (TRMM)* entre os anos de 1998 e 2011, levando em consideração a altimetria do relevo obtidos através de dados *Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)* e suas possíveis influências na distribuição dos índices de precipitação da referida bacia.

## 2. Metodologia

A área de estudo do presente trabalho é a Bacia do Rio Mamanguape localizada no estado da Paraíba (Figura 1). O clima é caracterizado como quente e úmido com chuvas de outono a inverno e estiagem no verão e primavera. Em geral, o período seco na porção mais próxima ao oceano Atlântico tem duração de apenas dois meses alcançando quatro meses na medida em que a bacia se interioriza (BARBOSA, 2006).

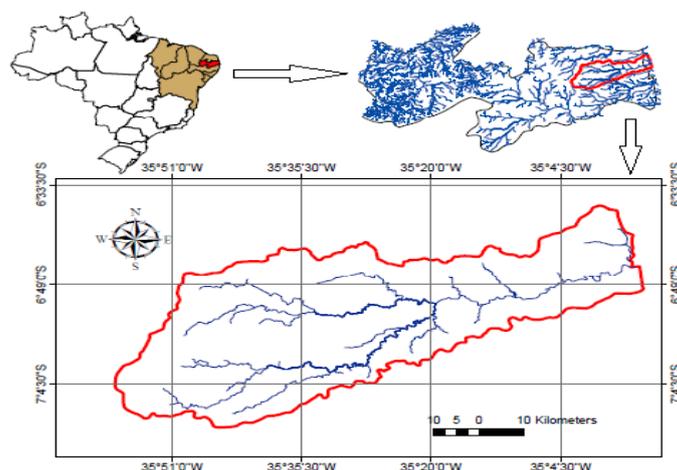


Figura 1- Localização da Bacia do Rio Mamanguape-PB.

Para estudar as inter-relações existentes entre diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação, foram utilizados dados SRTM para representação do relevo e dados pluviométricos do TRMM.

Os dados SRTM utilizados foram das cenas sb-25-y-a e sb-25-y-c, com 90 metros; formato GEOTIFF, Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS- 84.

Quanto o potencial e as limitações dos dados SRTM, vale salientar que grande parte do território nacional é provido de mapeamento em escalas demasiadamente generalizadas para várias utilizações da informação topográfica. Por este aspecto, pode-se considerar o dado SRTM uma das melhores informações topográficas já disponibilizadas para grande parte de nosso território (VALERIANO, 2004). No entanto, deve-se lembrar que são dados remotos e que, como tais, trazem consigo as limitações intrínsecas do sistema e estão sujeitos a uma série de fatores que alteram a relação de veracidade para com a paisagem.

Os dados SRTM vêm sendo frequentemente processados para a formação de Modelos Digitais de Elevação (MDE), e estes estão sendo cada vez mais utilizados na representação do relevo. Para representação do relevo a partir do MDE inicialmente foi feito o mosaico das imagens, necessários para o recorte da região em estudo, sendo este feito através de arquivo vetorial já existente.

Os dados pluviométricos utilizados são do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) disponibilizados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Os dados foram coletados em série temporal de janeiro de 1998 a Dezembro de 2011.

Diversas metodologias para estimativa de precipitação através de imagens de satélite vêm sendo propostas. Estas se baseiam em imagens feitas por vários satélites, em diversas bandas do espectro eletromagnético. Destacam-se os satélites da série GOES (*Geostationary Operational Environmental System*), e o TRMM, este último com o objetivo específico de medição de precipitação nos trópicos (COLLISCHONN et al, 2007a).

O satélite TRMM fornece estimativas mais precisas do que as técnicas indiretas, baseadas em imagens de outros satélites (BARRERA, 2005), sendo usado inclusive para validação das técnicas indiretas.

O projeto TRMM gera diversos produtos (estimativas) de acordo com a combinação de instrumentos usada no algoritmo de cálculo. Possui um programa de validação em campo, para minimização das diferenças entre estimativas por satélite e medições no solo. As estimativas são então convertidas para acumulados mensais através de interpolação para preencher as lacunas na continuidade temporal, decorrentes da baixa frequência de passagem. Os acumulados mensais são então usados para corrigir estimativas baseadas em imagens do infravermelho de satélites da série GOES (COLLISCHONN et al, 2007).

Para visualização dos dados pluviométricos, os mesmos foram armazenados em planilhas com a média mensal e anual entre os anos de 1998 a 2011 e sua localização geográfica. Em seguida os pontos foram interpolados, utilizando o interpolador Inverso da Distância e gerados os mapas temáticos. Todo o processamento dos dados foi realizado em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG).

Os pontos pluviométricos estão espacialmente distribuídos na Bacia do Rio Mamanguape, localizados em regiões pouco diferenciadas climaticamente.

Para identificar a correlação existente entre as precipitações e altitude do relevo, utilizou-se a equação 1, dada por (CHARNET, 2008):

$$\rho(X, Y) = \frac{cov[X, Y]}{\sqrt{\sigma_x^2 \cdot \sigma_y^2}} \quad (1)$$

Onde  $\sigma^2$  representa a variância e X e Y as variáveis aleatórias estudadas.

### 3. Resultados e Discussões

A partir dos produtos cartográficos obtidos, percebe-se que ocorre uma distribuição gradual dos índices de precipitação no território compreendido pela bacia do Rio Mamanguape quando considerado o sentido de sua desembocadura em direção ao Planalto da Borborema (nascente). Os dados pluviométricos analisados demonstram que durante o período estudado (de 1998 a 2011), os maiores índices de precipitação ocorreram na região mais próxima ao litoral, atingindo uma média anual total de 1.463 mm (Figura-2).

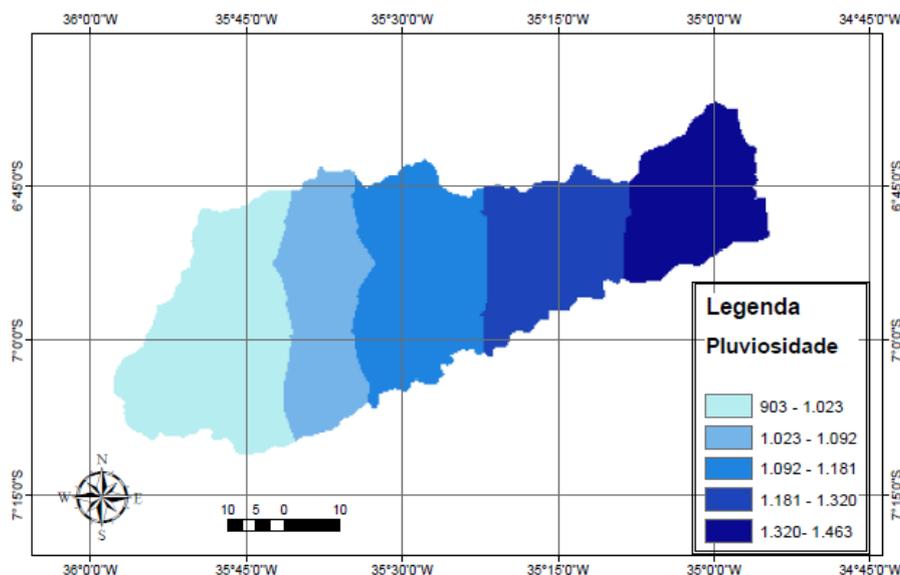


Figura 2 – Mapa da pluviosidade média da Bacia do Rio Mamanguape entre os anos de 1998 e 2011.

Uma explicação para maior precipitação na região litorânea se dá pela sua proximidade do Oceano Atlântico, que contribui de maneira acentuada com a umidade do ar e consequentemente com a formação de nuvens que ocasionam as chuvas.

Um dos fenômenos atmosféricos que contribuem para precipitação no Nordeste do Brasil e, consequentemente para bacia do Rio Mamanguape, é a Zona de Convergência Intertropical (ZCI). A ZCI é formada pela junção dos ventos alísios de nordeste e os ventos alísios de sudeste, resultando em movimento ascendente do ar com alto teor de vapor d'água (ARAÚJO, 2008).

A umidade produzida no Oceano Atlântico penetra no continente com certa facilidade, por causa da configuração do relevo litorâneo, geralmente de baixas altitudes, sobretudo, nos vales dos rios de maior expressividade. Os resultados mostram que essa penetração de umidade perde força à medida que se distancia do litoral, diminuindo assim os índices de precipitação, como observado na figura 1.

Dois fatores podem ser considerados para explicar a diminuição nos índices de pluviosidade em relação ao distanciamento do oceano: a primeira explicação é que esta pode ser relacionada ao distanciamento gradativo do litoral, que teria como consequência a diminuição da influência da umidade produzida no Oceano Atlântico; e uma segunda hipótese é que o relevo litorâneo, mesmo apresentando baixas altitudes, exerce a função de dificultar o avanço dessa umidade para o interior do continente.

Com relação à segunda hipótese, Milanesi e Galvani (2011) advertem que, de forma geral, observa-se que independentemente do porte do relevo, este exerce algum notável controle sobre as dinâmicas climáticas locais.

Ao relacionar os índices de pluviosidade da bacia do Rio Mamanguape a sua hipsometria (Figura 3), observam-se as seguintes características que a faixa com maiores índices de pluviosidade entre 1092 - 1463 mm, está situada em uma faixa altimétrica altamente influenciada pelo vale do Rio Mamanguape, que apresenta de forma mais expressiva uma elevação que varia de 0 a 168 m de altitude. Os índices mais baixos de pluviosidade da bacia esta localizado, na porção mais elevada do seu território no Planalto da Borborema.

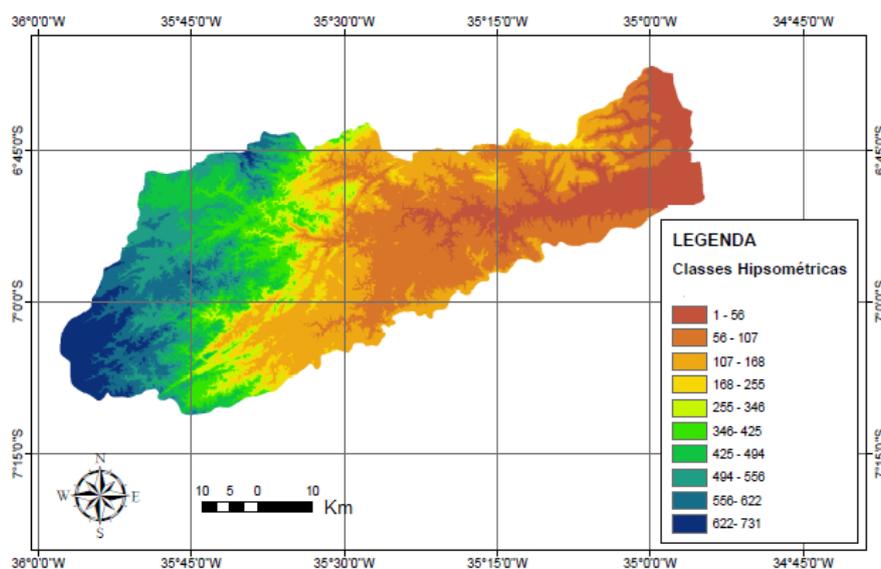


Figura 3 – Mapa hipsométrico da bacia do Rio Mamanguape-PB.

Considerando as características apresentadas acima, pode-se avaliar que ocorre na área estudada fenômenos que podem está associado às duas hipóteses apresentadas anteriormente, acrescentado que, o aumento da altimetria do relevo apresentada na característica 2 também contribui para a distribuição da pluviosidade na bacia.

Segundo Ayoade (1996) “as áreas que se localizam próximas a grandes corpos hídricos recebem mais precipitação do que os interiores dos continentes, que se localizam distantes das fontes oceânicas de suprimento de umidade”. Desta forma, o fato dos índices de precipitação da bacia do Rio Mamanguape diminuírem ao passo que se distanciam do Oceano Atlântico pode estar associado a perda de umidade, quando avança para o interior do continente.

A diferença de altimetria apresentada na característica 2 compreende a área de transição entre as Regiões Geográficas da Depressão Sub-Litorânea e Borborema. Esta área apresenta uma faixa que se destaca, quando comparados os mapas apresentados na figura 2 e 3. Observa-se que a faixa da figura 2 que apresenta índices de pluviosidade entre 1.023 - 1.092 mm está localizada sobre essa área de transição.

Nesta área de transição localiza-se a Microrregião do Brejo da Paraíba, onde as chuvas orográficas garantem níveis de precipitação superiores a 1200 mm/ano”.

A área da bacia que apresenta a menor média pluviométrica (903 - 1.023 mm) do período estudo, esta situada sobre o Planalto da Borborema (556 – 731 m de altitude). Nesta

área esta localizada as Microrregiões do Curimataú e Esperança que apresentam um dos menores índices de precipitação do estado da Paraíba. Esta característica pode ser associada ao fato das massas de ar não conseguirem transpor a barreira formada pelo surgimento do Planalto da Borborema, formando um fenômeno denominado de sombra de chuva.

O gráfico 1 revela que altitude explica 73,54% ( $R^2$ ) da quantidade de precipitação na Bacia do Rio Mamanguape. Após ajustes feitos no modelo a altitude passa a explicar 72,34% ( $R^2$ ) da quantidade de precipitação. Utilizando-se a mesma como variável auxiliar, os números esperados de precipitação acabam dependendo dessa característica. Os valores de precipitação estão dispostos na reta  $y=-1.0701x+ 1416.75$ , com variância de em torno da reta, demonstrando que este ajuste é bastante razoável. Para cada aumento de elevação do relevo, a quantidade de precipitação diminui em -1.0701.

Pode-se também evidenciar no gráfico 1 que a medida que a altitude cresce a quantidade de precipitação diminui, de uma forma linear, mesmo essa linearidade sendo negativa, -0,8554.

Apesar da análise de frequência da precipitação ter sido em um curto período, cerca de 13 anos, devido a limitação de dados do satélite orbital *Rainfall Measurement Mission (TRMM)*, a análise de correlação procurou observar/comprovar que a altimetria da área delimitada para estudo está correlacionada com a precipitação, mesmo que essa se apresente de forma discreta.

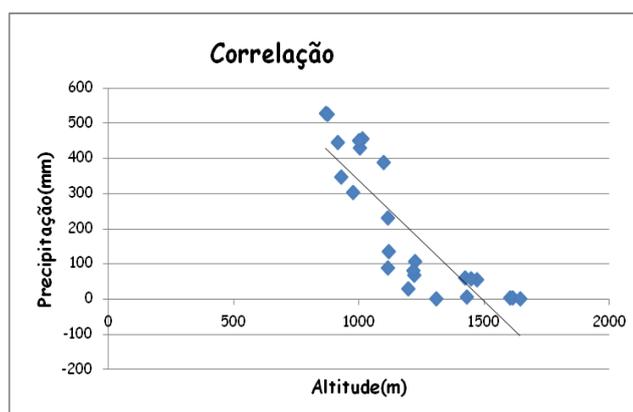


Gráfico 1. Gráfico de dispersão da correlação entre precipitação e altitude.

Para efeito de comprovação do estudo, o Gráfico 2 revela que o posto 9 mesmo estando mais distante do litoral e da influência da úmida atlântica registra índices de pluviosidade semelhante aos pontos coletados próximos ao litoral, isso pode ser explicado por estes estarem localizados próximos da escarpa oriental do Planalto da Borborema, o que manteria os índices pluviométricos elevados pelo acúmulo de umidade que não consegue transpor tal elevação.

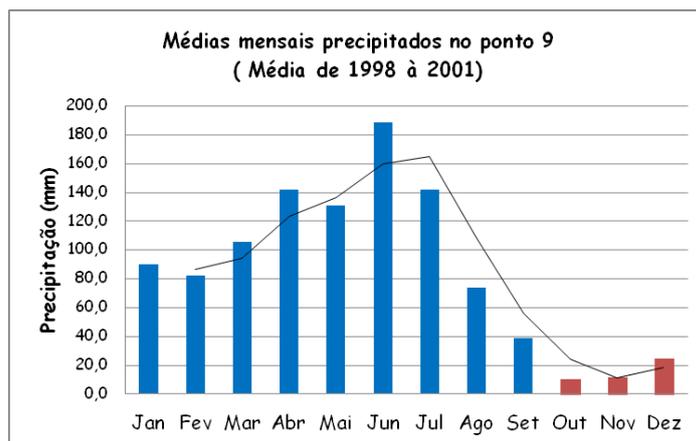


Gráfico 2: Médias mensais precipitadas no ponto 9.

#### 4- Considerações finais

A paisagem, não apenas como resultado do que se observa no dia-a-dia, abrange um sistema complexo de organização entre seus elementos e deve ser investigada não como algo imóvel, mas como um objeto em constante mudança, devido ao metabolismo de suas propriedades integradoras. Estas propriedades somente são descobertas quando se estuda a paisagem como um sistema total, e tem-se como agente de formação destes sistemas a Geomorfologia, a Pedologia e a Climatologia.

Através da metodologia aplicada foi possível identificar o efeito topográfico na pluviosidade da área de estudo, possibilitando a análise de áreas com maior e menor pluviosidade e a formação do relevo, onde verificamos que a maior pluviosidade encontra-se em áreas litorâneas, onde ocorre a influência das massas de ar do Oceano Atlântico e da formação do relevo tabular e áreas com menor pluviosidade pelo distanciamento da influência litorânea.

As principais limitações encontradas no presente trabalho dizem respeito à reduzida série temporal disponível (1998 a 2012) e a espacialização dos pontos de coletas dos dados pluviométricos que não estão distribuídos de forma satisfatória na bacia estudada para análise das suas diferentes formas de relevo.

#### 5-Referências

Araújo, L. E. et al. Análise estatística de chuvas intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, p.162-169, 2008.

Ayoade, J.O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zeni dos Santos. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

Barrera, D. F. *Precipitation estimation with the hydro-estimator technique: its validation against rain gauge observations*. In: VII Congresso da IAHS, Foz do Iguaçu, 3-9 de abril de 2005.

Barbosa, F. A. R. **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas n Bacia do Rio Mamanguape/PB**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

Bookhagen, B.; Burbank, D. W. *Topography, relief, and TRMM-derived rainfall variations along the Himalaya*. **Geophysical Research Letters**, vol. 33, p. 1- 5, 2006.

Bookhagen, B.; Strecker, M. R. *Orographic barriers, high-resolution TRMM rainfall, and relief variations along the eastern Andes*. **Geophysical Research Letters**, vol. 35, p. 1- 6, 2008.

Cândido, D. H.; Nunes L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o vale do Rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 24, p. 08 - 27, 2008.

Charnet, R; Freire, C. A. de L; Charnet, E. M.; Bonvino, H. **Análise de modelos de regressão linear: com aplicações**. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2008.

Collischonn, B; Collischonn, W; Allasia, D; Tucci, C. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai Superior. **Revista Brasileira de Cartografia** N° 59/01, Abril 2007 .

Milanesi, M. A.; Galvani, E. Efeito Orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela/SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 9, p. 68-79 , jul/dez, 2011.

**NASA - National Aeronautics and Space Administration**. Disponível em: <http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/>. Acesso em 26 de Novembro de 2012.

Silva, R. M. et all. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na Bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, vol. 22 n. 2, p. 357-372, ago. 2010.

Valeriano, M. de O. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis Para a América do Sul**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais ,São José dos Campos, 2004.