



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

**VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS
 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUCUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL**

**SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF ANNUAL, MAXIMUM AND MINIMUM PRECIPITATION IN
 THE WATER BASIN OF RIO URUCUÍ PRETO – PIAUÍ – BRAZIL**

Raimundo Mainar de Medeiros¹, Manoel Vieira de França², Luciano Marcelo Falle Saboya³, Romildo Morant de Holanda⁴, Moacyr Cunha Filho⁵, Wagner Rodolfo de Araújo⁶

e321179

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1179>

RESUMO

A precipitação pluviométrica é de suma importância para os estudos climáticos, pois quando ocasionada em redundância, causa efeitos para os setores produtivos da agropecuária, irrigação, assim como nos setores econômico e social, causando enchentes, alagamentos, inundações assoreamento de rios e quedas de barreiras. Objetiva efetivar uma análise da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial média e da máxima média anual, para bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, por meio de uma geotecnologia, especificamente modelagem espacial. Para realização do processamento dos dados e confecção das cartas foi utilizado de programas com planilhas eletrônicas e gerados gráficos onde os 49 postos foram georreferenciados para projeção pelo surf. O método de interpolação utilizado foi o inverso do quadrado da distância. Verificou-se a confiabilidade da interpolação, o método da raiz do erro quadrático médio, exibindo um valor de 9,8 mm para a precipitação diária média anual, já para a precipitação diária média máxima anual foi 10,4 mm. O conhecimento da variabilidade espacial das precipitações anuais e máximas ao longo da série histórica em estudo permite auxiliar no manejo das práticas agropecuárias, no planejamento da irrigação e na engenharia hidráulica.

PALAVRAS-CHAVES: Oscilações climáticas. Agropecuária. Irrigação

ABSTRACT

Rainfall is paramount to climate studies, because when brought in redundancy, causes effects to the productive sectors of agriculture, irrigation, as well as the economic and social sectors, causing floods, floods, floods, silting of rivers, and waterfalls barriers. Objective effect an analysis of spatial and temporal variability of precipitation average and maximum annual average for the watershed Uruçuí Preto River, through a geotechnology, specifically spatial modeling. To perform the data processing and preparation of letters was used programs with spreadsheets and graphs generated where 49 stations were georeferenced projection for surfing. The interpolation method used was the inverse square of distance. Verified the reliability of the interpolation through the root mean square error method, showed a value of 9.8 mm for the annual average daily precipitation, since for the average annual maximum daily precipitation was 10.4 mm. The knowledge of the spatial variability of annual and maximum rainfall over the time series under study allows aid the management of agricultural practices in irrigation planning and hydraulic engineering.

KEYWORDS: *Climate fluctuations. Agricultural irrigation*

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

² Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

³ Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

⁵ Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

⁶ Universidade Estácio de Sá, Brasil – UNESA



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUI PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é considerada uma variável climatológica importante na região semiárida do Brasil, devido principalmente a irregularidade na sua distribuição temporal e espacial, sendo considerado um dos fatores limitantes ao maior desenvolvimento e a estabilização da produção agrícola, conforme, Moraes (2005).

A precipitação é a variável climática com a maior variabilidade no tempo e no espaço. Por essa razão, o estudo de eventos extremos de precipitação diária máxima anual está relacionado com danos severos as atividades humanas em quase todas as regiões do mundo, devido a seu potencial em causar saturação hídrica do solo, escoamento superficial e erosão, segundo o IPCC, (2007) e de conformidade com Tammets e Jaagus, (2013).

A variação espacial e temporal são características próprias do tempo e clima. A variação temporal é uma característica que deve ser estudada com maior particularidade e em diferentes escalas cronológicas. Pois estes estudos permitirão o conhecimento do clima no passado, presente e até mesmo realizar prognósticos e diagnósticos para situações climáticas futuras a partir de modelos matemáticos utilizados, de acordo Fernando (2008).

A caracterização das chuvas intensas é imprescindível para solucionar problemas de interesse da engenharia, de modo especial o controle do escoamento superficial em áreas urbanas e rurais conforme Santos *et al.* (2010). O processo erosivo e sua intensidade dependem principalmente das condições climáticas da região, fatores relacionados à topografia, cobertura do solo e às propriedades do mesmo, de conformidade com Gonçalves (2002).

No Nordeste Brasileiro (NEB), verifica-se ao longo do ano um período curto de 3 a 4 meses com precipitações pluviométricas e um período longo, geralmente chamado de período de estiagem, exibindo alta capacidade de evapotranspiração durante todo ano, caracterizando um clima semiárido. O semiárido nordestino se destaca pelas precipitações médias anuais muito irregulares e com grande variabilidade espacial. As precipitações médias variam entre 200 e 700 mm ano⁻¹, quando comparadas com outras regiões semiáridas do mundo, estes índices pluviométricos não são tão baixo, no entanto as temperaturas são elevadas, as perdas por evapotranspiração são acentuadas e o semiárido com maior densidade populacional do mundo evidenciando a necessidade, do ponto de vista social, de estudar formas melhores de convivência com a escassez hídrica, segundo Cabral e Santos (2007).

Vários estudos têm sido preparados tendo como tema a variabilidade e suas características climáticas, portanto ainda está longe de chegar a um consenso, principalmente, no que tange a influência local nas tendências globais. Contudo, os estudos de variabilidade climática local, principalmente sobre a temperatura e umidade relativa do ar e precipitação são essenciais para se compreender os impactos que estas variações podem trazer para a população em geral. Se realmente as flutuações forem significativas em âmbito local, essas mudanças poderão causar impactos



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

socioeconômicos (na produção agrícola e agropecuária), impactos ambientais (mudanças nos ecossistemas) e impactos sociais (proliferação de vetores de doenças), segundo Maluf *et al.*, (2011).

Segundo Bergamaschi e Matzenauer (2009), o clima é o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações das safras agrícolas brasileiras. Quando se trata da região Nordeste do Brasil, principalmente as secas prolongadas, são as maiores responsáveis pela variabilidade da produção agrícola.

Silva *et al.*, (2013), mostraram que o estado do Piauí tem condições climáticas diferenciadas, com oscilação nos índices pluviométricos cuja origem é bastante individualizada, apresentando também temperaturas médias anuais relativamente variáveis. As precipitações pluviométricas apresentam grande variabilidade espacial e temporal, mostrando dois regimes chuvosos: no sul do Estado chove de novembro a março; no centro e norte, a estação chuvosa tem início em dezembro, prolongando-se até maio. Os índices pluviométricos variam entre 700 mm e 1.300 mm na região sul, entre 500 mm e 1.450 mm na região central e entre 800 mm e 1.680 mm no norte do Estado. Analisaram-se as variabilidades pluviométricas municipais entre os diferentes regimes pluviométricos para o estado do Piauí (regiões Norte; Central e Sul), e comprovaram que se têm áreas comuns de ocorrências de chuvas com os seus respectivos sistemas provocadores e inibidores. Na região Norte os índices pluviométricos têm uma distribuição mais regular que nas áreas Central e Sul, evidenciando os aspectos fisiográficos, relevo, fauna, flora e distância do mar. Devido à grande variação na pluviometria ao longo dos anos, pode-se observar que os fenômenos de macro, meso e microescalas são de grande importância para os regimes de chuvas do estado do Piauí, os quais seguem tempo cronológico de suas atividades e duração.

Medeiros *et al.* (2013), mostraram que a variabilidade é um dos elementos mais conhecidos da dinâmica climática, e o impacto produzido por esse fenômeno, mesmo dentro do esperado pode ter reflexos significativos nas atividades humanas. Analisaram a variabilidade climática da umidade relativa do ar e da temperatura máxima do ar na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto (BHRUP), enfocando tais variações como um meio para compreender futuras mudanças. Utilizaram dados de temperatura máxima do ar e umidade relativa do ar e totais pluviométricos mensais e anuais no período de 1960 a 1990. Como resultado afirmaram que as temperaturas máximas anuais aumentaram durante o período analisado, podendo acarretar vários problemas socioeconômicos, bem como, para a saúde humana. Verificou-se, também, que a umidade relativa do ar está reduzida ao longo da série estudada, fato que pode estar relacionado com o aumento da temperatura e conseqüentemente com uma maior evaporação das águas. Sobre os totais pluviométricos anuais, nota-se que os valores estão aumentando gradativamente, sendo que esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura, que faz com que se tenha uma maior evaporação e conseqüentemente uma maior precipitação.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUI PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

O conhecimento das condições climáticas de uma determinada região é necessário para que se possa estabelecer estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, almejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região, conforme Sousa *et al.* (2010).

Conforme Meis *et al.* (1981), podem-se analisar as precipitações no decorrer do tempo de diferentes maneiras, possibilitando o reconhecimento do seu comportamento geral, dos seus padrões habituais e extremos.

Nos dias atuais é perceptível a importância das pesquisas que envolvem o estudo do clima na busca da construção de novos parâmetros de conhecimento e consequente aplicação nas diversas atividades humanas (agricultura, represamento de água, agropecuário, economia, comércio, lazer, irrigação, hidrologia entre outras ciências) que dependem dos dados e informações cada vez mais concisos sobre chuvas, secas, temporais e eventos extremos, enfim informações de médio e longo prazo geradas com um alto grau de acerto segundo Viana (2010).

Segundo estudos de análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim/ES realizados por Gardivan *et al.* (2012) para as precipitações médias mensais no período de 1972 a 2002 o interpolador krigagem com modelo de semivariograma esférico, seguido do inverso do quadrado da distância apresentaram melhor acurácia.

A ocorrência da precipitação é um processo aleatório que não permite uma previsão determinística com grande antecedência, e assim o tratamento dos dados de precipitação para a grande maioria dos problemas hidrológicos é considerado estatístico conforme Matos (2006).

No caso do Brasil, essa dependência das condições pluviais é particularmente sentida na Região Nordeste, em sua porção semiárida. O território nordestino é formado por um conjunto de espaços que se caracterizam pelo balanço hídrico negativo, resultantes das precipitações médias anuais serem inferiores a 800 mm, com insolação média de 2.800 h.ano⁻¹, temperaturas médias anuais que oscilam de 23 °C a 27 °C, evaporação de 2.000 mm.ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50% de acordo com Brito *et al.* (2007).

A precipitação pluviométrica apresenta importância para os estudos climáticos, pois ocasiona implicações, quando da sua intensidade e duração, para os setores produtivos da sociedade tanto agricultura, transporte, irrigação, hidrologia e socioeconômico, causando enchentes, inundações, alagamentos, assoreamento dos rios, e quedas de barreiras de conformidade com Amorim *et al.*, (2008).

Medeiros *et al.* (2013) mostraram que a variabilidade é um dos elementos mais conhecidos da dinâmica climática, e o impacto produzido por esse fenômeno, mesmo dentro do esperado pode ter reflexos significativos nas atividades humanas. Analisaram a variabilidade climática da umidade relativa do ar e da temperatura máxima do ar na BHRUP, enfocando tais variações como um meio para compreender futuras mudanças. Utilizaram-se dados de temperatura máxima do ar e umidade relativa



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

do ar e totais pluviométricos mensais e anuais no período de 1960 a 1990. Afirmaram que as temperaturas máximas anuais aumentaram durante o período analisado, podendo acarretar vários problemas socioeconômicos, bem como, para a saúde humana. Verificaram que a umidade relativa do ar está diminuindo ao longo da série estudada, fato que pode estar relacionado com o aumento da temperatura e conseqüentemente com maior evaporação das águas. Sobre os totais pluviométricos anuais, nota-se que os valores estão aumentando gradativamente, sendo que esse aumento pode estar relacionado com o aumento da temperatura, que faz com que se tenha uma maior evaporação e conseqüentemente uma maior precipitação.

Segundo Wei (2007) e Santos *et al.* (2010), no meio rural as chuvas intensas e as inundações removem o solo superficial, reduzem sua produtividade, transportam os sedimentos para os corpos hídricos e comprometem sua qualidade e capacidade de armazenamento, enquanto no meio urbano levam à destruição de bens e a perdas humanas. De acordo com Teixeira *et al.* (2011), para reduzir os efeitos das inundações, obras hidráulicas como vertedores, canais, barragens e sistemas de drenagem, são projetadas com base na vazão máxima, seja observada estatisticamente ou com base no emprego de modelos chuva-vazão, de acordo com autores Mello *et al.* (2003) e Damé *et al.* (2010).

Em termos climatológicos, uma investigação mais aprofundada sobre o desempenho dos interpoladores mais aplicados ao mapeamento da precipitação precisa ser conduzida, pois os trabalhos desenvolvidos, não demonstram o melhor ou o mais indicado método de interpolação espacial, segundo os autores Mazzini e Schettini (2009); Taesombat e Sriwongsitanon (2009) e Viola *et al.* (2010).

Segundo Alves e Vecchia (2011), em diversos estudos sobre os melhores métodos de interpolação para cada região, um determinado método torna-se o mais apropriado, principalmente, devido à variabilidade espacial.

Os impactos negativos que as vazões de enchente causam à sociedade como perdas econômicas, danos ao desenvolvimento e até perdas de vidas humanas, levam a repensar os modelos existentes para planejamento e controle dessas vazões. As estruturas hidráulicas destinadas à contenção do excesso de chuva, como barragens, bacias de contenção e terraços, são projetadas de acordo com uma metodologia que define que para certa precipitação possa ser estimada a vazão máxima de projeto, satisfazendo a segurança desejada e promovendo um projeto economicamente racional segundo, Sampaio (2011).

Tem-se como objetivo realizar a análise da variabilidade espaço temporal da precipitação pluvial média, máxima e mínima média anual para a Bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, utilizando-se do modelo *surfer* para sua modelagem espacial.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A região em estudo é drenada pelo rio Uruçuí Preto e pelos afluentes Ribeirão dos Paulos, Castros, Colheres e o Morro da água, e pelos riachos da Estiva e Corrente, ambos perenes. A bacia do rio Uruçuí Preto, encontra-se preponderantemente encravada na bacia sedimentar do rio Parnaíba, constituindo-se como um dos principais tributários pela margem direita. Possui uma área total de aproximadamente 15.777 km², representando 5% do território piauiense e abrange parte da região sudoeste, projetando-se do Sul para o Norte em forma de lança de acordo com a COMDEPI (2002).

A área total da bacia situa-se entre as coordenadas geográficas que determinam o retângulo de 07°18'16" a 09°33'06" de latitude sul e 44°15'30" a 45°31'11" de longitude oeste de Greenwich. Em conformidade com a COMDEPI (2002), a BHRUP evidencia um único conjunto de formas de relevo regional, dominadas pelas formas tabulares-planaltos e platôs, característicos das rochas sedimentares sub-horizontalizadas.

Apenas o Planalto da Bacia Sedimentar do Parnaíba é identificado como unidade morfoestrutural na região e além de localizar-se na porção centro-oriental da Bacia Sedimentar do Piauí-Maranhão é constituída por uma sequência de sedimentos arenoargilosos, compondo as diversas formações sedimentares.

Conforme EMBRAPA (2006), as três classes mais frequentes de solos identificadas na bacia do rio Uruçuí Preto são Latossolos Amarelos (predominantes na bacia), Neossolos e Neossolos Quatzarêncios e Hidromórficos.

Para a COMDEPI (2002), o fornecimento de água subterrânea na bacia do rio Uruçuí Preto ocorre através de 04 (quatro) aquíferos, serra grande, cabeças, poti/piauí e formação pedra de fogo. A formação serra grande estrutura-se preponderantemente de arenitos grosseiros e médios, conglomeráticos e conglomerados em vários níveis (creme a branco), com estratificação cruzada plana. Ademais, embora se configure como um dos mais destacados do Nordeste, inclusive, distribui-se por toda a bacia sedimentar do Parnaíba, não oferece eficientes possibilidades de exploração na região da BHRUP em razão das grandes profundidades.

De acordo com a COMDEPI (2002), a identificação e descrição da vegetação na região da bacia hidrográfica do rio Uruçuí - Preto encontram-se:

- A partir do topo das chapadas, com a comunidade vegetal típica das savanas constituída de um estrato descontínuo composto de elementos arbustivos e arbóreos caracterizados por troncos tortuosos, casca espessa, folhas coriáceas e dossel quase sempre assimétrico. Entre as espécies mais frequentes estão o barbatimão, o pau terra de folha larga e a simbaíba, e a superfície do solo é recoberta por um estrato graminoso de capim agreste;



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

- A começar das vertentes entre o topo das chapadas e o trecho plano por onde corre o rio Uruçuí - Preto. Nessa vertente, o cerrado se desenvolve de forma mais fechada, composto por espécies de maior porte, entre as quais o pau d'arco, o Gonçalo Alves.

- A área da bacia é contornada por 25 municípios e 24 fazendas

Para a análise do comportamento climático intermunicipal da BHRUP, foram utilizados dados de precipitação cedida através da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Piauí (EMATERPI) para o período de 1960 a 1990, que compreende 49 postos pluviométricos localizados na área de estudo.

Utilizaram-se da Classificação climática de acordo com os sistemas de Köppen, onde se distinguem dois tipos climáticos na BHRUP, o Aw, tropical quente e úmido, com chuvas no verão e seca no inverno; Bsh, semiárido quente, com chuvas de verão e inverno seco (MEDEIROS, 2013).

O regime de precipitação que compreende a área de estudo começa com as chuvas de pré-estação, iniciando-se na segunda quinzena do mês de outubro. A caracterização do período chuvoso começa nos primeiros dias do mês de novembro e prolonga-se até o mês de março, tendo como trimestre mais chuvoso os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

Os fatores provocadores de chuva apresentam-se em predominância para a BHRUP, são as formações de linhas de instabilidade transportadas pelos ventos alísios de Sudeste/Nordeste, trocam de calor, vestígios de frentes frias quando das suas penetrações mais ativas, formações de aglomerados convectivos, orografia, contribuições de formação de vórtices ciclônicos, esteira transportadora, orografia e os efeitos locais, são fatores que aumentam o transporte de vapor da água e umidade e conseqüentemente a cobertura de nebulosidade de acordo (MEDEIROS, 2013).

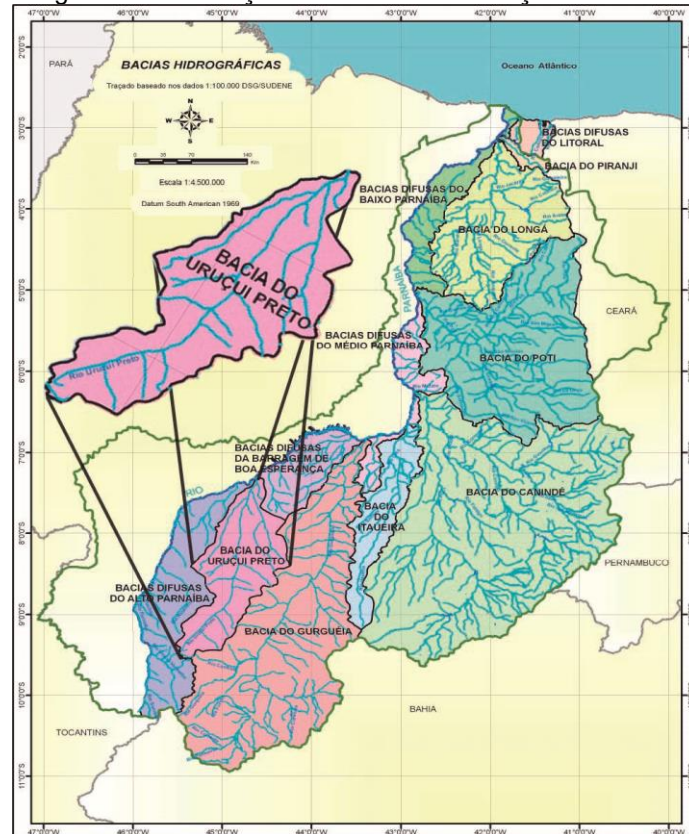
Normalmente as chuvas têm intensidade moderada (de tempo regular e por volta de sete a oito horas de chuvas descontínuas diárias), seguidas de irregularidade devido às falhas dos sistemas meteorológicos atuantes. Salienta-se que a ocorrência de períodos de veranicos (ocorrências de vários dias consecutivos sem chuva durante o período chuvoso) no quadrimestre (dezembro, janeiro, fevereiro, março) é esperada. Sua magnitude é variada dependendo da época e dos fatores meteorológicos desativados. Tem-se registrado ocorrências com períodos de veranicos superiores a dezenove (19) dias mensais no intervalo de tempo ocorrido dentro do quadrimestre (MEDEIROS, 2013).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUI PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

Figura 1. Localização da bacia do rio Uruçuí Preto - PI.



Fonte: Medeiros (2022).

O método de interpolação utilizado foi o inverso do quadrado da distância - equação (1) descrita por Mello *et al.* (2003), que segundo Mazzini e Schettini (2009), esse método pode ser classificado tanto como um interpolador exato como suavizante. Ele faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, de modo que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha.

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} X_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

1 = atributo interpolado;

X_i = valor do atributo do i -ésimo ponto de amostragem;

d_i^2 = distância euclidiana entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado;

n = número de amostras.

Para verificar a acurácia da interpolação, foi calculada a raiz do erro quadrático médio, conforme a equação (2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

E_i e O_i são os valores estimados e observados (medidos), respectivamente

n é o número de observações.

A raiz do erro quadrático médio é uma medida da magnitude média dos erros estimados, tem valor sempre positivo e quanto mais próximo de zero, maior a qualidade dos valores medidos ou estimados. Segundo Stone (1993), a desvantagem é que bastam alguns poucos valores discrepantes para que ocorra aumento significativo na sua magnitude.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 representa a variabilidade da precipitação pluvial máxima, para a área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto – PI.

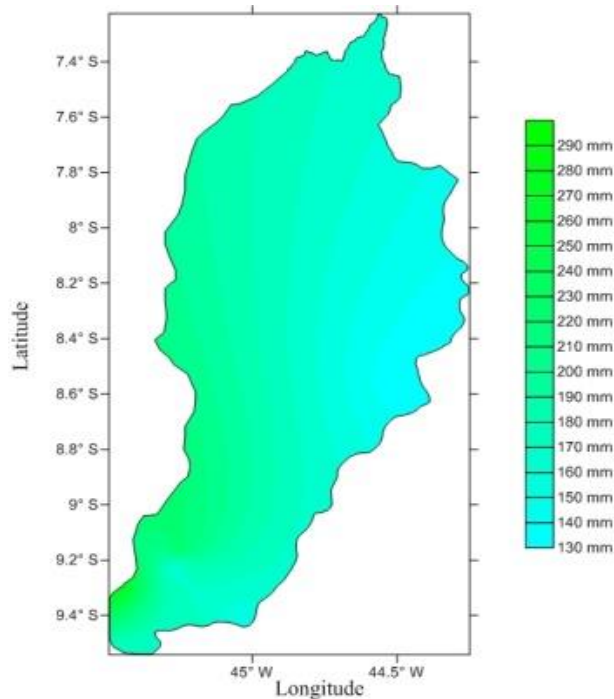
Observa-se que as chuvas ocorrem no sentido leste – oeste e seus valores máximos ocorrem no extremo sudoeste e na área costeira da bacia.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

Figura 2 representa as chuvas máximas ocorridas na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto.



Fonte: Medeiros (2022).

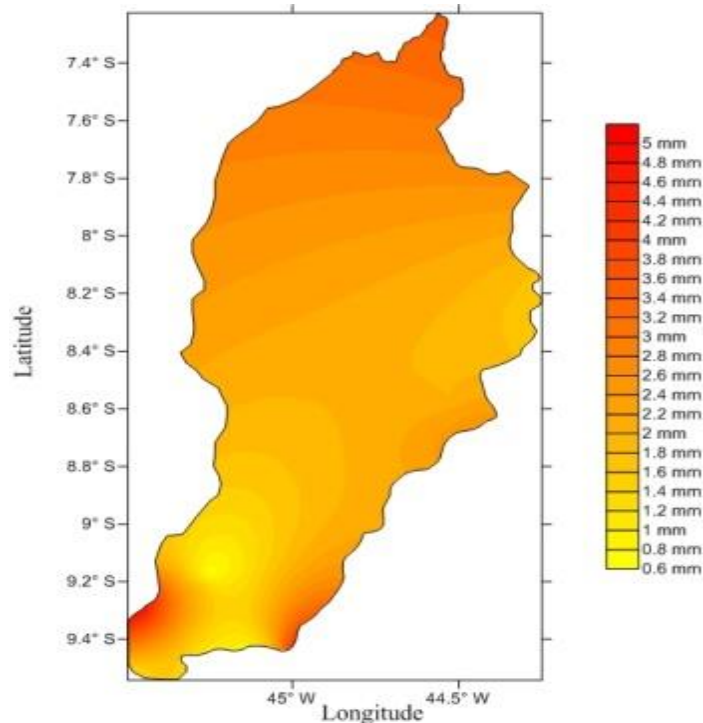
Na Figura 3 destaca-se a área sul no seu centro, que registrou as maiores intensidades das chuvas mínimas, já nos setores sudoeste e sudeste ocorreram os menores índices pluviométricos, ao passo que nas demais áreas da bacia os índices pluviométricos são insignificantes para agropecuária e armazenamento de água.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

Figura 3 representa as chuvas mínimas ocorridas na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto.



Fonte: Medeiros (2022).

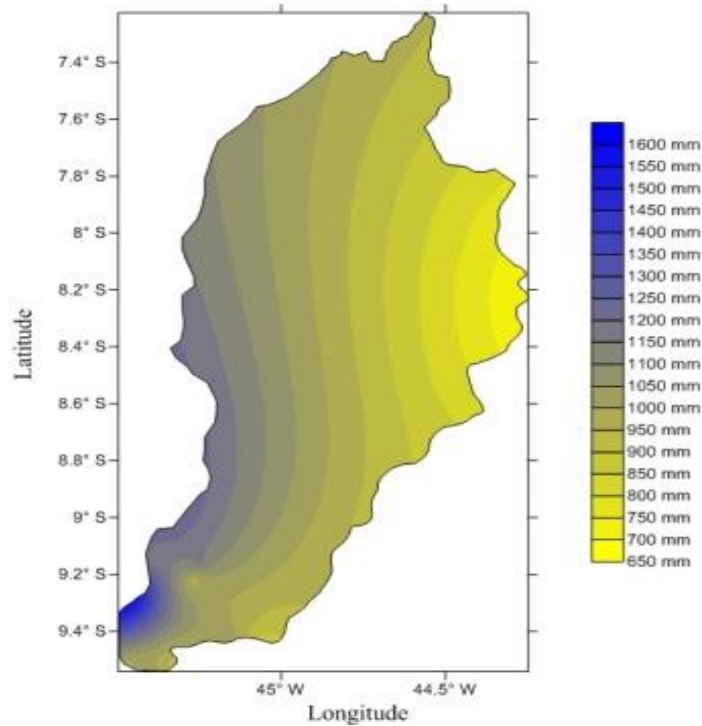
Na Figura 4 tem-se o comportamento da distribuição da precipitação anual na área da BHRUP, os quais destacaram um acréscimo no sentido Leste-Oeste, observa-se área de máxima pluviometria na altura do município de Santa Filomena e contornando a área costeira oeste da referida bacia, a pluviosidade ainda é predominante no setor oeste das áreas sul, central e sul da região norte. O leste da bacia tem-se área com baixos índices pluviométricos e destacam-se suas flutuações de acréscimo para o seu centro.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

Figura 4 – Precipitação (mm) anual, para a área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto – PI.



Fonte: Medeiros (2022).

Na Tabela 1 tem-se a representação dos resultados estatísticos da precipitação anual para o erro padrão médio, média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variância, amplitude e os seus máximos e mínimos valores da área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto – PI.

Tabela 1 valores da área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto – PI.

Precipitação média anual (mm)	
Erro padrão da média	$\pm 9,8$
Média	913,6
Mediana	974
Desvio padrão	166,8
Coeficiente de variância	0,25
Amplitude	958
Mínimo valor	478,9
Máximo valor	1436,9

Fonte: Medeiros (2022).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUI PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, a precipitação mínima de 478,9 mm refere-se à precipitação no extremo sul do estado (Figura 3), a precipitação máxima foi de 1436,9 mm refere-se à precipitação que ocorreu em toda a área oeste (Figura 2). As precipitações apresentaram em média 913,6 mm, com um erro padrão da média de $\pm 9,8$ mm.

As precipitações diárias máximas apresentaram em média 75,9 mm, com um erro padrão da média de 2,8 mm, 30% das precipitações máximas apresentam no mínimo 80,5 mm. Em média a precipitação máxima diária anual obteve um desvio em 6,6 mm em torno dos 45,5 mm da precipitação média.

A raiz do erro quadrático médio apresentou um valor de $\pm 9,8$ mm para a precipitação média anual, já para a precipitação diária média máxima anual foi 10,4 mm, apresentado assim melhor resultado para a precipitação diária média anual, pois Segundo Amorim et al., (2008), num estudo com dois métodos de espacialização (inverso do quadrático da distância e mínima curvatura) da precipitação pluvial para o estado de Alagoas, o inverso do quadrático da distância foi o método que apresentou os melhores resultados.

Alves e Vecchia (2011), ao realizarem um estudo tentando abranger os principais métodos de interpolação encontrados na literatura para a precipitação pluvial anual no Estado de Goiás, tais como o inverso do quadrático da distância, krigagem, mínima curvatura e triangulação, verificaram que o método da mínima curvatura apresentou a melhor acurácia, com os menores valores residuais, seguido do método do inverso quadrático da distância que apresentou menor Root Mean Square Error (RMSE).

CONCLUSÕES

Nas precipitações médias mensais ocorridas no período de 1960 a 1990, o interpolador krigagem com modelo de semivariograma esférico, seguido do inverso do quadrado da distância, apresentaram precisões excelentes com os menores valores residuais.

O conhecimento da variabilidade espacial das precipitações anuais, e máximas ao longo da série histórica em estudo permitem auxiliar no manejo das práticas agrícolas e no planejamento de obras de engenharia hidráulica.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011.

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. Milho. *In*: MONTEIRO, José Eduardo B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos Cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009.

CABRAL, J. J. S. P.; SANTOS, S. M. Água Subterrânea no Nordeste Brasileiro. *In*: **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semiáridas**. Recife – PE: Editora Universitária, 2007. p. 65-104.

COMDEPI. Companhia de desenvolvimento do Piauí. **Estudo de viabilidade para aproveitamento hidroagrícola do vale do rio Uruçuí Preto**. Teresina: Comdepi, 2002.

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; TERRA, V. S. S.; ROSSKOFF, J. L. C. Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 46-54, 2010.

EMBRAPA. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. Vol. SNLCS.

FERNANDO, C. A. **Análise de Discurso**: Reflexões Introdutórias. 2. ed. São Carlos: Claraluz, 2008.

GARDIVAN, B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A.; CECÍLIO, R. A. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**, Guarapuava (PR), v. 8, n. 1, p. 61-71 jan./abr, 2012.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. **Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo**: conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba, SP: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), 2002. Cap. 3, p. 133-204.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U. K: Cambridge Univ. Press, 2007.

MALUF, R. S.; ROSA, T. S. **Mudanças climáticas desigualdade sociais e populações vulneráveis no Brasil**: construindo capacidade. Rio de Janeiro: Ceresan, 2011. v. 2, p. 307. (Relatório Técnico 5).

MATOS, J. E. R. **Chuvas intensas na Bahia**: equações e metodologias de regionalização. Salvador: EDUFBA, 2006. p. 296.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MEDEIROS, R. M.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F.; PAULO R. M. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto. **Revista Educação Agrícola Superior**, v. 28, n. 1, p. xx-xx, 2013. ISSN-0101-756X. DOI: <http://dx.doi.org/10.12722/0101-756X.v28n01axx>

MEDEIROS, R. M. **Estudo agrometeorológico para o Estado do Piauí**. [S. l.: s. n.], 2013. p. 122.

MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L.; OLIVEIRA, P. T. T. M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. **Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos**, v. 3, 1981.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS, MÁXIMAS E MÍNIMAS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUI PRETO – PIAUÍ – BRASIL
Raimundo Mainar de Medeiros, Manoel Vieira de França, Luciano Marcelo Falle Saboya,
Romildo Morant de Holanda, Moacyr Cunha Filho, Wagner Rodolfo de Araújo

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; LIMA, J. M.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, M. S. Modelos matemáticos para predição da chuva de projeto para regiões do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 121-128, 2003.

MORAES, B. C. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.

SAMPAIO, M. V. **Espacialização dos coeficientes das equações de chuvas intensas em bacias hidrográficas do rio grande do sul**. 2011. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Água e Solo) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, 2011.

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

SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade pluviométrica entre regimes diferenciados de precipitação no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física. Recife - PE**, p.1463-1475, 2013.

SOUSA, E. S.; LIMA, F. W. B.; MACIEL, G. F.; SOUSA, J. P.; PICANÇO, A. P. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas–TO. *In: Anais.[...]. Online*. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém-PA, 2010.

STONE, R. J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. **Solar Energy**, v. 51, n. 4, p. 289-291, 1993.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Dados pluviométricos mensais do nordeste**: série pluviometria 5. Estado da Paraíba. Recife: Sudene, 1990. 239 p.

TAMMETS, T.; JAAGUS, J. Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of moving precipitation totals. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 111, n. 3-4, p. 623-639.

TEIXEIRA, C. F. A.; DAMÉ, R. C. F.; SIQUEIRA, G. A.; BACELAR, L. C. S. D. Vazão máxima de projeto: Metodologia para dimensionamento de bueiros em áreas agrícolas. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, v. 11, n. 17, p. 49-56, 2011.

VIANA, P. C. **Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas com base em um modelo digital de elevação para o Estado do Ceará**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Irrigação e Drenagem) - Instituto Federal de Educação e Ciência Tecnologia, Campus Iguatu – CE, 2010.

WEI, W.; CHEN, L.; FU, B.; HUANG, Z.; WU, D.; GUI, L. The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China. **Journal of Hydrology**, v. 335, p. 247-258, 2007.