
DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179-460X782>

Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM

Ciência e Natura, Santa Maria,

ISSN: 2179-460X, v. 35 n. 2 dezembro, 2013, p. 295-303



Espacialização da precipitação pluvial no município de Piranhas, Alagoas

Rainfall spatialization in Piranhas, Alagoas, Brazil

Ronabson Cardoso Fernandes¹, André Luiz de Carvalho²

¹Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Atmosféricas - Cidade Universitária, Maceió - AL, Brasil

²Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Energia Nuclear - Cidade Universitária, Recife - PE, Brasil

Resumo

A precipitação pluvial é uma das principais variáveis meteorológicas, influenciando diretamente em diversos setores da sociedade. Dela depende toda a vida na terra. Porém, essa variável climática possui alta variabilidade tanto em quantidade como na distribuição em uma região. Assim, o presente estudo objetivou estimar a precipitação pluvial para todo o município de Piranhas, Alagoas. Foram utilizadas médias mensais de precipitação pluvial para o período de 1960 a 1990 das cidades de Água Branca, Delmiro Gouveia, Mata Grande, Pão de Açúcar e Piranhas. Esses dados foram aplicados a análises estatísticas, utilizando-se o método da regressão linear múltipla. Os dados foram interpolados através do método da Kriging. O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi utilizado para caracterizar a altitude da região. Constatou-se que o modelo de regressão linear múltipla mostrou-se uma ferramenta eficaz para justificar a variabilidade espacial das precipitações na região de estudo. Climatologicamente, foi observado que 96,2% da precipitação pluvial anual estão relacionadas com a altitude. Apesar da variabilidade temporal provocado pelos fenômenos climáticos e meteorológicos, a altitude foi crucial para a variabilidade espacial da precipitação pluvial.

Palavras-chave: precipitação pluvial, análises estatísticas, modelo de regressão linear múltipla.

Abstract

Rainfall is one of the most important meteorological variables, which influences many sectors in society. All life on earth depends on it. However, this climatic variable has high variability in its quantity and distribution in a region. Thus, this study aimed to estimate rainfall in Piranhas, Alagoas, Brazil. Monthly averages for rainfall from Água Branca, Delmiro Gouveia, Mata Grande, Pão de Açúcar and Piranhas were used for the period from 1960 to 1990. These data were used to statistical analysis using a multiple linear regression model. Data were interpolated by the method of Kriging. The Digital Elevation Model (MDE) was used to characterize the altitude of the region. It was observed that the multiple linear regression model proved to be a powerful tool to justify the spatial variability of rainfall in the study region. Climatologically was observed that 96.2% of annual rainfall is related to altitude. Despite the temporal variability caused by climatic and meteorological phenomenal, the altitude was crucial to the spatial variability of rainfall.

Keywords: rainfall, statistical analyzes, multiple linear regression model.

1. Introdução

A precipitação pluvial é a principal variável meteorológica para o sertão nordestino, sendo importante para ingestão humana, agricultura, pecuária, como complemento para o sistema de abastecimento de água e saneamento, indústrias e comércios locais (KOENIG, 2003; ANNECCHINI, 2005; ZOLET 2005). No entanto, essa região é vulnerável a variabilidade climática, dramatizada pelos períodos de seca que ocorrem, em média, a cada cinco anos (CRUZ *et al.*, 1999).

Alagoas possui alta variabilidade nas ocorrências das precipitações, impostas por fenômenos climá-

ticos como os eventos de ENOS (El Niño – Oscilação Sul). Outro fator importante dessa região sobre as ocorrências de precipitação é a influência da topografia local e regional (NOBRE e SHUKLA, 1996; MOLION e BERNARDO, 2002).

A altitude de uma região influencia nas ocorrências da precipitação. Por isso, vários pesquisadores têm utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) para estimar a temperatura do ar e precipitação em várias regiões do país com sucesso, inclusive para Alagoas (PEZZOPANE *et al.*, 2004; FERREIRA *et al.*, 2006; LYRA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2011). Sendo assim, o conhecimento da distribuição espacial da precipitação

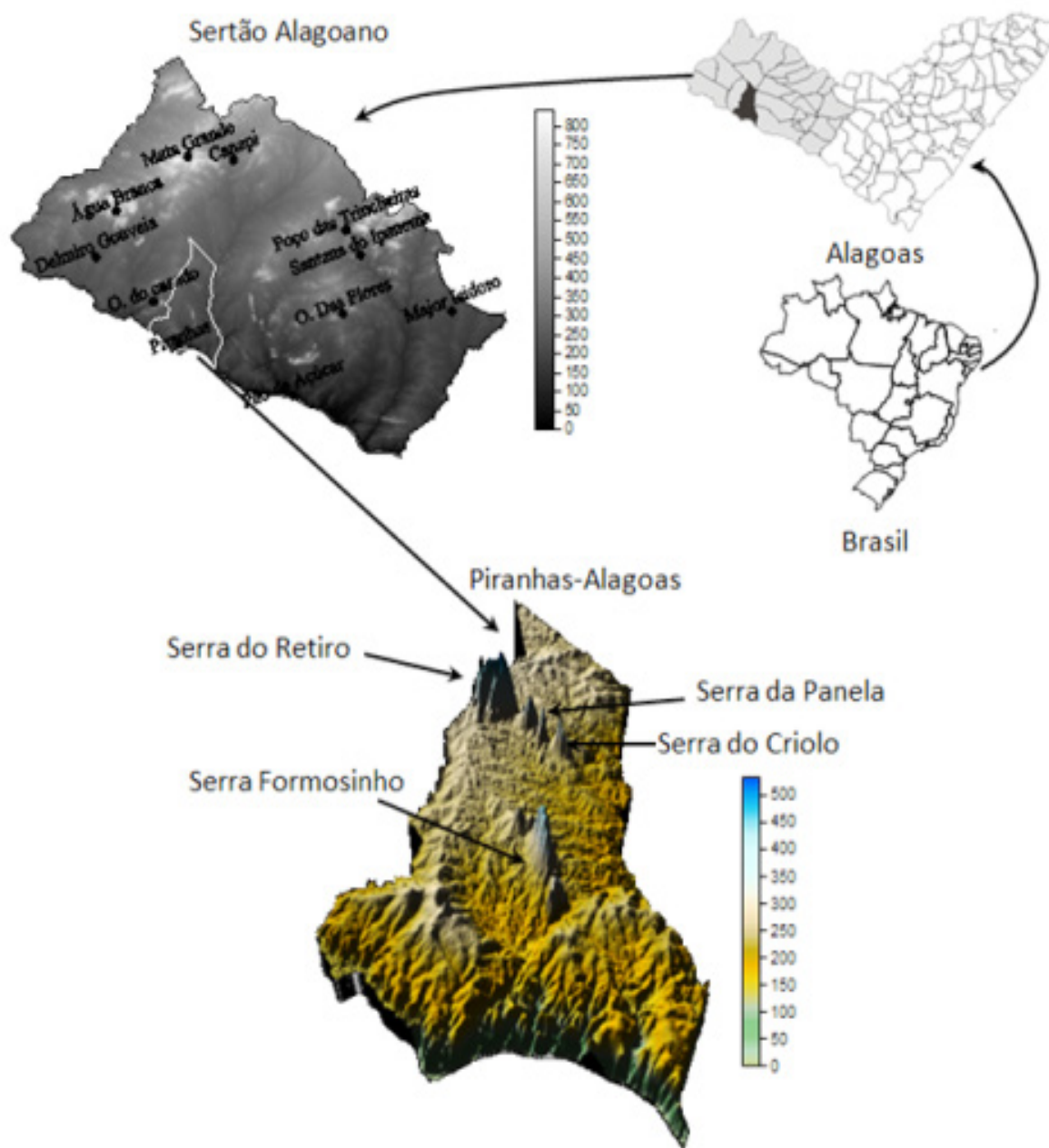


Figura 1 – Localização do município de Piranhas –AL.

no município de Piranhas é crucial para minimizar o sofrimento da grande maioria da população, e para melhorar a qualidade de vida em outros municípios, pois, segundo a Gazeta de Alagoas (2011), o Estado abriga a maior proporção de miseráveis do Brasil, sendo que 676.700 alagoanos (ou 21,3% da população) continuam abaixo da linha de extrema pobreza.

Com isso, com a determinação das áreas com maiores e menores alturas pluviométricas em Piranhas, o que poderão auxiliar no zoneamento agrícola nesse município, contribuindo para a tomada de decisão e de culturas agrícolas que se adaptem ao ciclo curto do regime pluviométrico desse município. Tradicionalmente, são cultivados milho e feijão. No entanto, outras culturas podem ser inseridas nessa região como o gergelim, que além de geração de emprego e renda, e de fonte alimentar rica em proteína, ele produz óleo de ótima qualidade. É recomendado medicinalmente para homens e animais e ainda pode ser empregado como matéria-prima para a produção de biodiesel, haja vista que suas sementes possuem em média de 50% a 70% de óleo (BELTRÃO, 1995; AMABILE *et al.*, 2001; TUNDE-AKINTUNDE e AKINTUNDE, 2004; QUEIROGA *et al.*, 2011)

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo estimar a precipitação pluvial mensal para o município de Piranhas, Alagoas, com auxílio do Modelo Digital de Elevação.

2. Materiais e Métodos

2.1. Localização

A cidade de Piranhas situa-se geograficamente entre a latitude sul de 9°37'38" e a longitude oeste de 37°45'25", a 88m de altitude, ocupando uma área de 407,5 km² (1,47% do estado de Alagoas) (Figura 1). Está inserida na mesorregião do Sertão Alagoano e na microrregião Alagoana do Sertão do São Francisco, possuindo uma população de 23.045 habitantes (IBGE, 2013).

2.2. Aspectos Fisiográficos

O território de Piranhas apresenta pequenas elevações de 12 metros (às margens do rio São Francisco) e altitudes máximas, com elevações em torno de 545 metros (na serra da Formosinha e no morro do Boqueirão), na região central e ao norte, havendo, entretanto, o predomínio dos níveis entre 150m a 300 metros.

2.3. Climatologia

O clima de Piranhas classifica-se como quente e seco, com o período chuvoso durante os meses de abril a julho, com precipitação média anual em torno

de 500 mm, distribuindo-se de forma irregular no decorrer do ano. Ainda de acordo com o método de Thornthwaite, Piranhas tem o clima megatérmico semiárido, com grande deficiência hídrica no verão, e está na faixa de desertificação natural classificada como de susceptibilidade muito alta (GOIS *et al.*, 2005).

2.4. Tratamento dos dados

Para estimar as alturas pluviométricas nesse município, foram utilizadas médias mensais do período de 1960 a 1990 de 5 cidades situadas na região de estudo, segundo a Tabela 1. Posteriormente, os dados foram aplicados estatísticos utilizando a regressão linear múltipla. Em seguida, utilizaram-se os dados obtidos da regressão estatística, e adaptaram-o para a análise de todos os parâmetros, ajustando-o ao modelo que teve como a variável dependente (precipitação pluvial) e as variáveis independentes (latitude, longitude e altitude) (equação 1):

$$P_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Lat} + \beta_2 \text{Long} + \beta_3 \text{Alt} \quad (1)$$

Onde P_i (°C) corresponde a precipitação média mensal e anual, Long (graus) a longitude, Lat (graus) a latitude, e Alt (m) a altitude, sendo $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ são os coeficientes do modelo adotado.

No caso da altitude, utilizou-se o MDE (Modelo Digital de Elevação) da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), sendo esses dados tratados e disponibilizados pela EMBRAPA com resolução espacial original de 90 m.

Foram empregados dois *softwares* específicos, o ORIGIN 6.0 para geração de dados estatística e o SURFER 8.0 para elaboração dos mapas de relevo e das precipitações pelo método geoestatístico Krigging.

Este método geoestatístico da Krigagem leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas, o que permite que os dados obtidos por amostragem de certos pontos possam ser usados para parametrizar a estimação de pontos onde o valor da variável seja desconhecido, onde o valor interpolado para qualquer nó pelo semivariograma(2), segundo Vieira (2000) e Silva *et al.*, 2011.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \{z(x_i) - z(x_i + h)\}^2 \quad (2)$$

Onde $\gamma(h)$ corresponde à semivariância estimada para uma distância h , levando em consideração $N(h)$ os números de pares amostrais da precipitação(z) separados por uma distância h , x_i e $x_i + h$ pontos dessas amostragens na distância(h) e valores de precipitação medidos nesses locais, $z(x_i)$ e $z(x_i + h)$.

Tabela 2 – Coeficientes utilizados para os cálculos da precipitação pluvial mensal.

Meses	Coeficientes				
	β_0	β_1	β_2	β_3	R ²
Jan	1981,915	123,3121	19,9247	-0,0853	0,994
Fev	2642,308	147,4776	30,82232	-0,09944	0,574
Mar	2141,953	20,49549	49,96436	0,05988	0,998
Abr	3827,253	102,2097	74,22361	-0,01105	0,991
Mai	5664,041	55,12708	134,5547	0,09549	0,974
Jun	7499,987	166,0539	154,7895	0,01859	0,982
Jul	9428,269	205,0201	196,2429	0,04259	0,999
Ago	5507,624	129,1197	112,4018	-0,00878	0,999
Set	2438,346	28,37218	56,96547	0,0313	0,972
Out	496,5699	-4,91771	14,16701	0,02392	0,918
Nov	513,1239	24,49265	6,59108	-0,03384	0,972
Dez	2270,721	158,1656	18,58443	-0,12197	0,901
Anual	1982,524	-829,47	255,1864	1,8788	0,962

Os resultados obtidos pelo variograma foram autoajustados pelo método linear (3).

$$\gamma(h) = c_0 + \frac{c_1}{a} \quad (3)$$

Sendo considerando o efeito pepita (c_0) a variância estrutural (c_1) e o alcance (a).

Vários pesquisadores têm comparado os principais métodos de interpolação espacial, o método Inverso da potência da Distância e o método da Krigagem, constatando-se que este último método apresentou melhores resultados e menores erros (MÉLO *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2011). Segundo Silva *et al.* (2011), o método da Krigagem apresentou melhores resultados em relação aos demais métodos de interpolação na espacialização climatológica da precipitação pluvial mensal.

Tabela 1 – Localização das estações pluviométricas.

Municípios	Lat(φ)	Long(λ)	Alt. (m)
Água Branca	09°15'43"	37°56'16"	570
Delmiro Gouveia	09°23'10"	37°59'44"	256
Mata Grande	09°07'06"	37°44'04"	633
Pão de Açúcar	09°44'54"	37°26'12"	19
Piranhas	09°37'38"	37°45'25"	88

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise dos coeficientes de regressão linear múltipla

A Tabela 2 mostra os resultados estatísticos obtidos da regressão linear múltipla, considerando as alturas médias mensais e anuais pluviométricas das altitudes em que se encontravam as estações pluviométricas.

De acordo com os dados climatológicos da precipitação pluvial, anualmente, 96,2% estão relacionadas com a altitude, mostrando-se o modelo eficaz para explicar essa variabilidade espacial. Mensalmente, os meses de junho e julho tiveram, respectivamente, os maiores coeficientes de determinação ($R^2=0,999$) e fevereiro, o menor ($R^2 = 0,574$) (Tabela 2). Essa baixa relação precipitação/altitude para fevereiro pode ser explicada pela presença de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) principalmente nesse mês que, dependendo da posição da borda e do seu centro, pode favorecer o aumento de precipitação ou provocar veranicos, enquanto que, os meses de junho e julho coincidem com a quadra chuvosa dessa região (SOUZA *et al.*, 1998; FERNANDES *et al.*, 2007a)

O intercepto (β_0) teve um comportamento sazonal com os maiores valores na quadra chuvosa de Piranhas e, inversamente, no período seco. Os meses de julho e outubro apresentaram o maior (9428,269) e menor (496,5699) valor, respectivamente.

Latitudinalmente (β_1), percebe-se dois ciclos:

um na quadra seca (novembro a março) e outra na quadra chuvosa (abril a julho). No primeiro ciclo, no verão de novembro (24,5 mm/°), chegando ao ápice em dezembro (158,1 mm/°) reduzindo suas alturas pluviométricas até março (20,5 mm/°), isso se deve pelas chuvas de verão, e outro ciclo na quadra chuvosa com maior gradiente observado em julho, com 205 mm/°, valor bastante significativo.

Longitudinalmente (β_2), as isoietas tendem a aumentar em novembro (6,59108 mm/°) com ápice em julho (196,2429 mm/°), depois, reduzindo gradativamente até novembro, devido o aumento das altitudes de leste para oeste, pois a oeste são encontradas as maiores elevações e, conseqüentemente, são observadas as maiores alturas pluviométricas.

Em relação à altitude (β_3), de novembro a abril as precipitações tenderam a diminuir com a altitude, com exceção do mês de março. O mês de dezembro teve a maior diminuição e chegou a 12,2mm/100m, elevando suas alturas pluviométricas de maio (9,5 mm/100m) a outubro (2,4 mm/100m), com exceção do

mês de agosto que apresentou sinal negativo.

3.2. Espacialização anual das precipitações pluviiais

Anualmente, as maiores alturas pluviométricas situam-se nas regiões mais elevadas de Piranhas. Devido a esses obstáculos, leva a condensação e precipitação da água da chuva, deixando essas regiões com maiores índices, sendo confirmados nos pontos persistentes com maiores alturas pluviométricas do município de Piranhas, que coincidem com a Serra do Retiro, Serra da Panela e a Serra do Criolo (região Norte/Oeste) e na região central, a Serra Formosinho (Figura 1a), e inversamente na região Sul e Leste com baixa pluviometria (Figura 1b).

Em geral, grande parte do território de Piranhas situou-se nas isoietas de 450 mm/ano a 650 mm/ano. A menor altura pluviométrica estimada foi de 357,8 mm/ano, na baixa altitude, ao nível do rio São Francisco, e de 1.047,3 mm/ano para elevações acima de 500 metros acima do nível do mar.

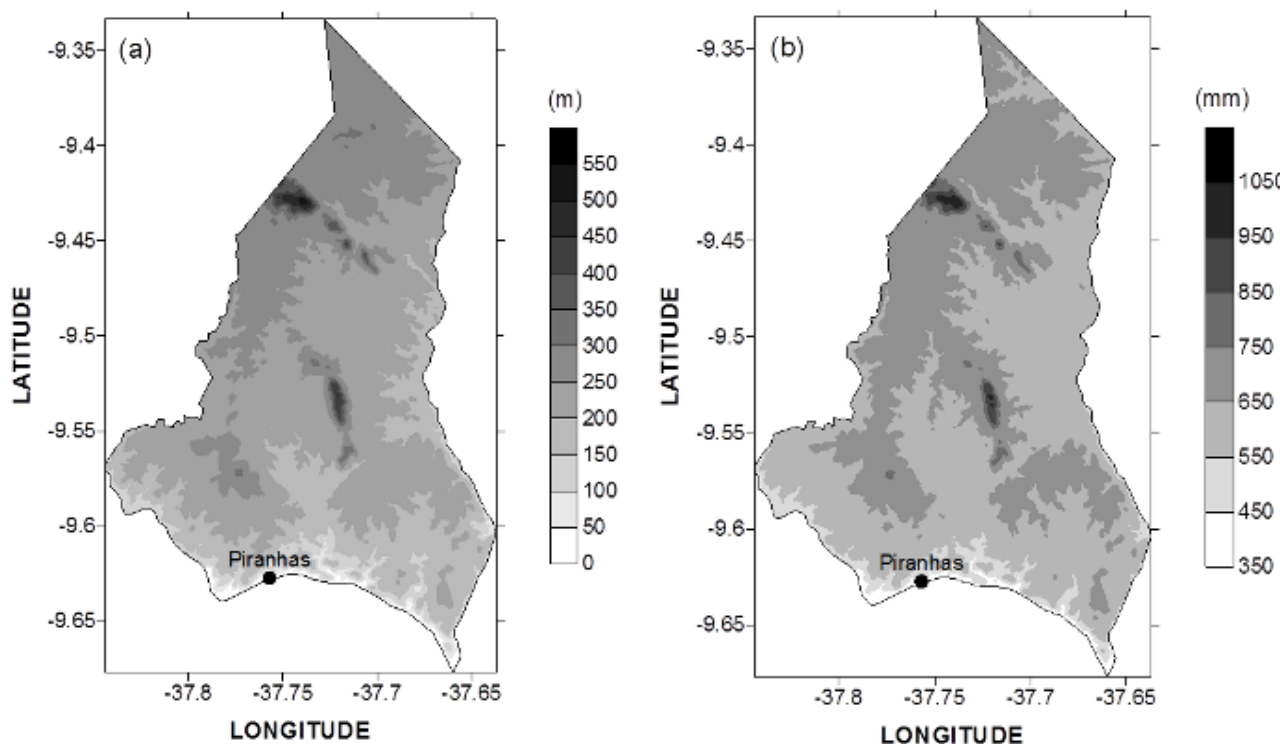


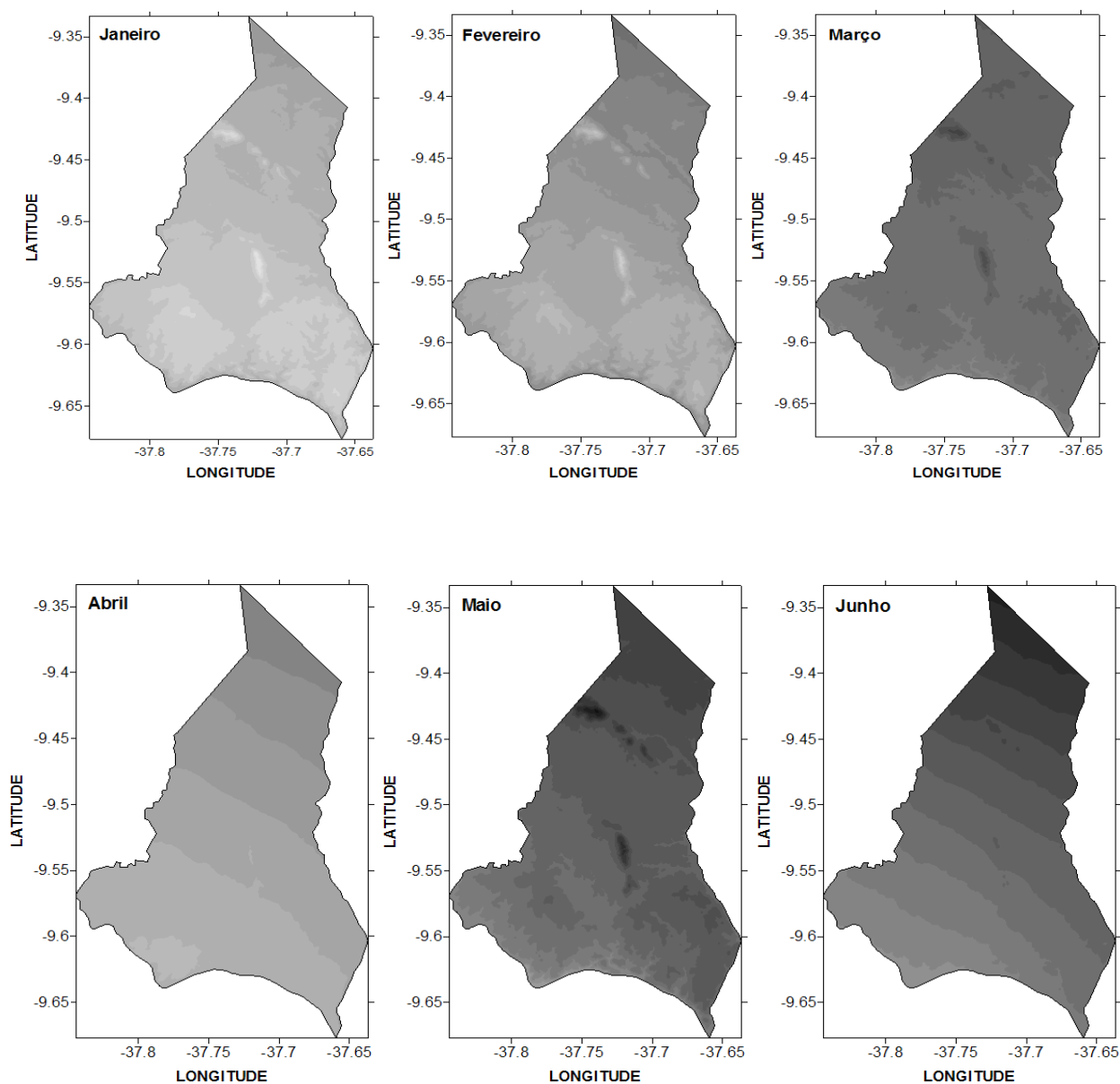
Figura. 1 – (a) altitude em metros e (b) alturas pluviométricas anuais (mm) para o município de Piranhas, Alagoas.

3.3. Especialização mensal das precipitações pluviométricas

A Figura 2 mostra a espacialização das alturas pluviométricas médias mensais de janeiro a dezembro para o município de Piranhas-AL. Percebe-se que a região norte de Piranhas tende a chover mais do que a região sul, principalmente, nos meses de junho e julho. Isso deve-se a influência da altitude por se concentrar numa região mais elevada e, conseqüentemente, com maiores alturas pluviométricas.

Mensalmente, em média regional, as alturas pluviométricas tendem a aumentar de janeiro (34,5mm) a junho (77,6mm), decrescendo, gradativamente, até dezembro (34,5mm), sendo que as maiores alturas

pluviométricas ocorreram de maio (79,9mm) e junho (77,6mm). Especialmente, o mês de julho apresentou o maior estimado valor com 112,2 mm, na região norte do município, enquanto que o mês de outubro apresentou os menores valores de acordo com os meses estudados, apenas 9 mm para baixa altitude e 20,5 mm para regiões mais elevadas. Observa-se ainda que os meses mais críticos foram de agosto a fevereiro, pois, caso a quadra chuvosa não obtivesse sucesso, climatologicamente, esses meses apresentariam baixas alturas pluviométricas, sendo agravado pelo o fenômeno El Niño e o Dipolo do Atlântico na fase fria, atuando de forma negativa na qualidade da quadra chuvosa nessa região e contribuindo para estender o período



Continua...

Figura. 2 – Espacialização das isoietas de janeiro a dezembro, em mm, para o município de Piranhas, Alagoas.

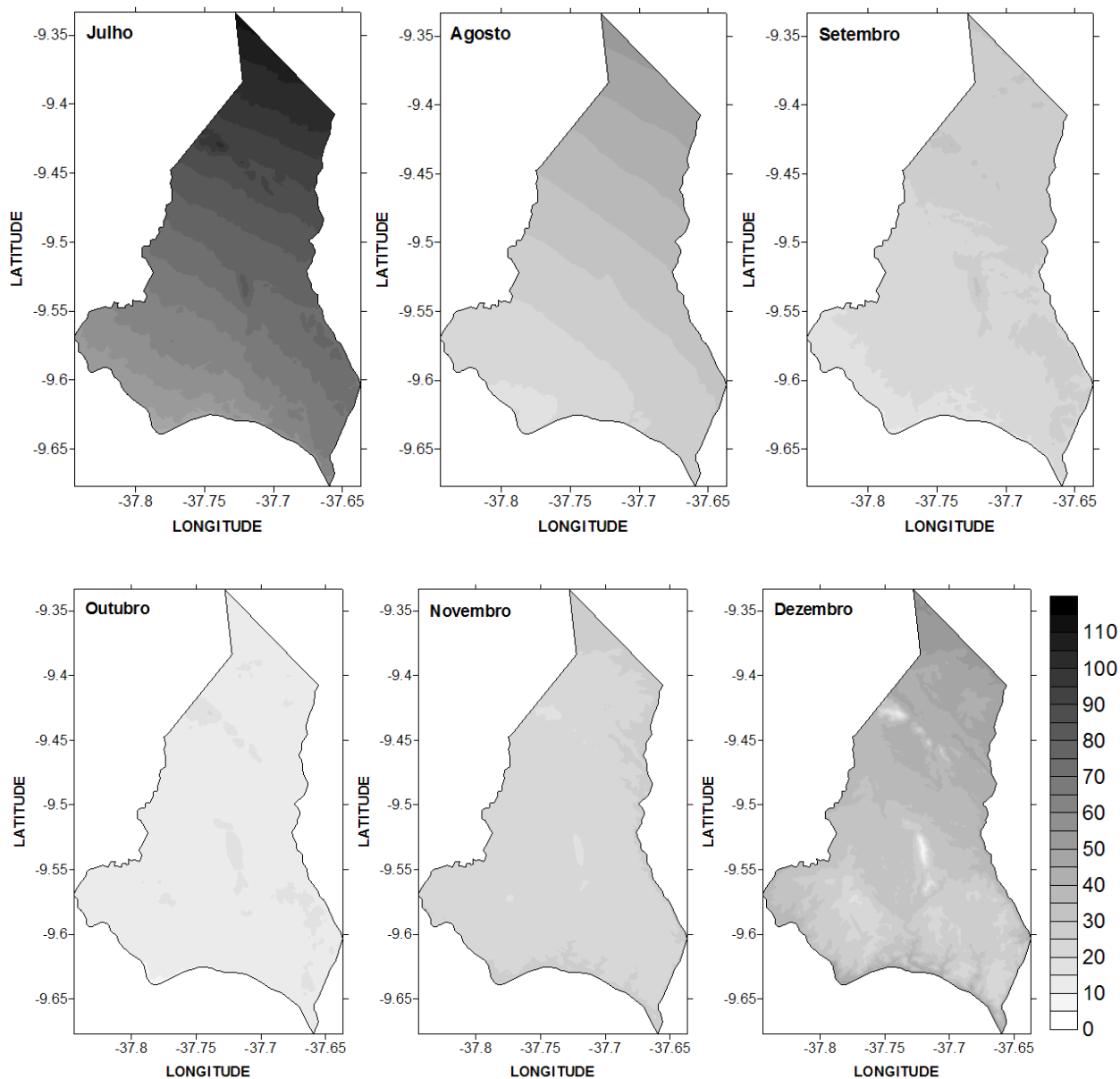


Figura. 2 – Continuação

de estiagem, afetando a economia, sobrevivência da população local, agricultura, e a pecuária (NOBRE e SHUKLA, 1996; SOUZA et al., 1998; SOUZA et al., 2000; PEZZI, et al., 2001, FERNANDES et al., 2007b). Ressalta-se que Piranhas está inserida na região propícia a desertificação natural (GOIS et al., 2005).

4. Conclusão

O modelo de regressão linear múltipla mostrou-se uma ferramenta eficaz para justificar 96,2% da variabilidade espacial climatológica da precipitação em Piranhas. Os altos valores dos coeficientes

de determinação, com exceção do mês de fevereiro, mostraram-se uma relação entre elas. Espacialmente, as maiores altitudes pluviométricas concentram-se ao norte e nas regiões mais elevadas de Piranhas e, mensalmente, ocorreu durante os meses de maio e junho.

Referências

AMABILE, R.F.; COSTA, T.M.C.; FERNANDES, F.D.; ARRIEL, N.H.C. Avaliação de cultivares de gergelim (*sesamunindicum L.*) no cerrado do Distrito Federal. *Revista Ceres*, 48(279): p. 601-607, 2001.

ANNECCHINI, K.P.V. Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES). Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. 150p. 2005

BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F. Gergelim Cultura no Trópico Semi-árido Nordeste. Campina Grande: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 52p.

BRASIL - SUDENE -DPG-PRN-HME. Dados pluviométricos mensais do Nordeste - Estado Alagoas. 116p. Tab. (Brasil. SUDENE. Pluviometria, 7) . Recife, 1990.

CRUZ, P. H. COIMBRA, R. M., FREITAS, M. A. V. Vulnerabilidade climática e recursos hídricos no Nordeste. In.: O ESTADO DAS ÁGUAS NO BRASIL/ org. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas – Brasília, DF: ANEEL, SIH; MMH, SRH; MME, 1999. 334p.

FERNANDES, R.C, SEGUNDO, M.M.L, SILVA, M.W.V, NASCIMENTO, M.F, TOLEDO FILHO, M.R, Influência do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis na variação espacial pluviométrica durante o mês de março de 2005 sobre o sertão alagoano. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Aracaju, SE, 2007. Anais..2007a. CDROM.

FERNANDES, R.C, SEGUNDO, M.M.L, SILVA, M.W.V, NASCIMENTO, M.F, TOLEDO FILHO, M.R. Variação temporal da precipitação no município de Piranhas-AL no período de 1994 a 2000. In:XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Aracaju, SE, 2007. Anais.. 2007b. CDROM.

FERREIRA, W.P.M.; VALLADARES, G.S.; HOTT, M.C. Estimativa da temperatura média mensal do ar para os Estados de Minas Gerais e do Pará, utilizando-se Modelos Digitais de Elevação. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.14, n.4, p. 293-303, Out./Dez, 2006.

GAZETA DE ALAGOAS Um milhão e meio de alagoanos vivem com menos de meio salário mínimo por mês, segundo números do Ipea. Disponível em:<<http://gazetaweb.globo.com/gazetadealagoas/imprimir.php?c=176771>> Acesso: 01de maio de 2011.

GOIS, G; SOUZA, J.L; SILVA, P.R.; OLIVEIRA JUNIOR, J.F. Caracterização da desertificação no Estado de Alagoas utilizando variáveis climáticas. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.3, p. 301-314, 2005.

KOENIG, K. Rainwater harvesting: public need or private pleasure? Water 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acessado em: 29/05/2013<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=270710>>

LYRA, G.B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; SOUZA, J.L.; LYRA, G. B.; SANTOS, M. J.; SANTOS, P.J. Variação espacial e temporal da temperatura mensal do ar no Estado de Alagoas. In:XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte, MG. 2009. Anais. 2009. CDROM.

MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, A.M.; MELLO, J.M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. R. Bras. Ci. Solo, 27:925-933, 2003.

MOLION, L.C.B; BERNARDO, S.O. Umarevisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v.17, p.1-10, 2002.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. Journal of Climate, Boston, v. 10, n. 4, p. 2464-2479. 1996.

PEZZI, L.P.; CAVALCANTI, I.F.A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. Climate Dynamics, Berlin, v. 7, p. 205-212. 2001.

PEZZOPANE, J.E.M., SANTOS, E.A.; ELEUTÉRIO, M.M.; REIS, E.F.; SANTOS, A.R. Especialização da temperatura do ar no Estado do Espírito. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.

QUEIROGA, V.P.; FIRMINO, P.T.; GONDIM, T.M.S.; SILVA, A.C.; VALLE, D.G.; QUEIROGA, D.A.N.; GEREON, H. G. M. Soluções tecnológicas em prol da coletividade para sustentabilidade

da cadeia produtiva do gergelim orgânico da agricultura familiar piauiense. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.13, n.1, p.97-111, 2011.

SILVA, K. R.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J.R. M.; GARCIA, G.O. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santos. *Revista Floresta e Ambiente*, v.18, n.4, p.417-427, 2011.

SOUZA, E.B.; ALVES, J.M.B; REPELLI; C.A. Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico na estação chuvosa do semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 6, n. 2, p. 277-283, Santa Maria, 1998.

SOUZA, E.B.; PEZZI, L.; TOTA, J.; FISH, G.; KAYANO, M. On the influence of El Niño, La Niña and Atlantic Dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. *Acta Amazônica*, v.30, n.2, p. 305-318, 2000.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R.F.; Alvares, V.V.H.; Schaeffer, C.E.G.R, editors. *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2000. p.1-54.

TUNDE-AKINTUNDE, T.Y.; AKINTUNDE, B.O. Some physical properties of sesame seed. *Biosystems Engineering*, v. 88, n. 1, p. 127-129, 2004.

UVO, C.R.B. A Zona de Convergência Intertropical e sua relação com a precipitação sobre a norte do Nordeste do Brasil. São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Especiais, 1989. 82 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE, 1989 (INPE-4887-TDL/378).

ZOLET, M. Potencial de aproveitamento de água de chuva para uso residencial na região urbana de Curitiba. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 33p., 2005.