

ESTIMAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE A PARTIR DE MODELAGEM ESTATÍSTICA E GEOESTATÍSTICA

Bruno Claytton Oliveira da Silva. Mestrando do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFRN)

Fernando Moreira da Silva. Docente do Departamento de Geografia da UFRN

Pedro Vieira de Azevedo. Docente do Departamento de Meteorologia da UFCG

RESUMO

No presente momento, várias são as pesquisas – de campos científicos diversos – que desprendem seus esforços para a interpretação de eventos da natureza. Para tanto, conjuga-se como de grande relevância a aquisição de dados relativos a variáveis físico-ambientais. Um exemplo desta afirmativa são os dados respectivos as variáveis climáticas temperatura do ar e umidade relativa do ar, principalmente diante da preocupação mundial com os atuais e futuros efeitos das Mudanças Climáticas Globais (MCGs). Com isso, cresce a demanda pela descrição do comportamento daquelas variáveis no espaço e no tempo. Deste modo, a partir dessa conjuntura e da observância das deficiências e insuficiências do sistema de coleta de dados no estado do Rio Grande do Norte, objetivou-se na pesquisa estimar e espacializar os dados concernentes as variáveis climáticas citadas. Para tanto, em se tratando de material e métodos empregados, fez-se uso: coletas de dados (normal climatológica e outras séries temporais), frente a instituições afins; medidas de tendência central e de dispersão; regressão polinomial; correlação de Pearson; *software Estima T*, versão 2.0, *software sufer*, versão 8.0; e estimação geoestatística. Os resultados apontaram: em relação à temperatura média do ar, que há uma tendência de sua redução entre o período de janeiro a julho. Ainda, verifica-se que a partir do mês de julho o comportamento da mesma variável modifica-se, ocasionando elevação na média térmica do estado; já para a umidade relativa do ar, verifica-se que uma disposição para a elevação da umidade do ar no estado no período compreendido entre os meses de janeiro a junho. Contrariamente, observa-se que o período posterior, ou seja, entre os meses de julho a novembro, há uma tendência de redução da umidade relativa do ar no estado do RN.

Palavras-Chave: Variáveis Climáticas. Estimação. Modelagem Geoestatística. Espacialização.

ABSTRACT

At the present time, the polls are several - from various scientific fields - that off their efforts for the interpretation of events of nature. For this, coupled as it is of great importance to acquire data on physical and environmental variables. An example of this statement is the data related climatic variables air temperature and relative humidity, especially in the face of worldwide concern with the current and future effects of Global Climate Change (MCGs). With this, the demand grows description of the behavior of

those variables in space and time. Thus, from that situation and the observance of the deficiencies and shortcomings of the system of data collection in the state of Rio Grande do Norte (RN) aimed to estimate the search and spatializing data concerning climatic variables mentioned. For that, in the case of material and methods employed, it was made use: collections of data (Normal climatology), as opposed to similar institutions; measures of central tendency and dispersion; polynomial regression, the Pearson correlation; estimated T software, version 2.0, software sufer, version 8.0, and geostatistical estimation. The results showed: on the average temperature of the air, there is a tendency to reduce it between the period from January to July. Still, it appears that from the month of July the behavior of the same variable modifies itself, causing the average temperature rise of the state, but for the relative humidity, it appears that a trend of increase of moisture in the air RN in the period between the months of January through June. Instead, it appears that the period between the months of July to November, there is a tendency to reduce the relative humidity in the newborn. Still, there is the permanence of average temperatures and air humidity higher throughout the year, in the west and east portions of the state, respectively.

Key words: Climatic variables. Estimation. Model Geostatistics. Spatialization.

INTRODUÇÃO

No presente momento, várias são as pesquisas – de campos científicos diversos – que despendem seus esforços no monitoramento, observação, análise e interpretação de eventos da natureza. Para tanto, conjuga-se como de grande relevância a aquisição de dados relativos a variáveis físico-ambientais. Um exemplo desta afirmativa são os dados respectivos as variáveis climáticas temperatura do ar e umidade relativa do ar principalmente diante da preocupação mundial com os atuais e futuros efeitos das Mudanças Climáticas Globais (MCGs).

A temperatura pode ser entendida como a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância/corpo para outra, deslocando-se daquele com maior temperatura para a outra com menor temperatura. A mesma é função do balanço de radiação que chega e que sai de um corpo, além da sua transformação em calor latente e sensível (AYOADE, 2006).

A temperatura do ar – elemento hoje mais discutido do conjunto de variáveis atmosféricas – é uma grandeza comparativa e de estado; comparativa por que há sempre uma relação da mesma entre dois corpos; e de estado, pois sua variação ocorre de acordo com alterações tanto no tempo como no espaço. Sendo assim, no sistema globo-atmosfera, a temperatura do ar pode variar de ponto a ponto tanto num dado instante como ao longo do tempo (SUDENE, 1975).

Em se tratando ainda da variável temperatura do ar, quando se considera um determinado ponto da superfície da Terra, devem ser levados em consideração dois procedimentos distintos para a determinação e/ou monitoramento da temperatura daquele dado ponto. Um deles é a determinação da temperatura instantânea do ar, que se refere à temperatura do ar naquele dado momento. Outro procedimento – de grande relevante no monitoramento ambiental – é a observação das temperaturas extremas (máximas e mínimas) e médias, sejam estas diárias e/ou mensais. Para tanto, são vários

os procedimentos, técnicas e instrumentos a serem utilizadas na determinação da temperatura do ar, com destaque para as formas de apresentação da distribuição da temperatura do ar para certa área.

Embora a quantidade de vapor d'água represente apenas 2% da massa total e 4% do volume total da atmosfera, ela é o seu componente mais relevante na determinação do tempo e do clima (AYOADE, 2006).

O vapor d'água atmosférico se origina a partir da superfície terrestre pela evaporação e transpiração. Sendo assim, ela está concentrada, principalmente, nas baixas camadas da atmosfera – aproximadamente 50% do vapor d'água total da atmosfera se encontra nessa faixa (AYOADE, 2006).

A quantidade de vapor d'água presente na atmosfera apresenta-se como fator/elemento meteorológico/climatológico fundamental, pois desempenha papel importante no processo de gênese de vários fenômenos presentes na atmosfera. Além disso, destaca-se no condicionamento de vários processos físicos, no equilíbrio ecológico e, sobretudo, de atividades biológicas (SUDENE, 1975). Assim como a temperatura do ar, vários são os procedimentos, técnicas e instrumentos que determinaram a umidade do ar.

Existem várias maneiras de se medir a quantidade de umidade da atmosfera, entre elas: a umidade absoluta e específica, o índice de massa ou de umidade, a temperatura do ponto de orvalho, a pressão vaporífica ou umidade relativa. Desse conjunto de procedimentos, a forma mais utilizada é a umidade relativa, que pode ser entendida como a razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na temperatura e pressão quando saturado (AYOADE, 2006).

No estado do Rio Grande do Norte, apesar da relevância do monitoramento de variáveis climáticas, existem apenas seis (Ceará-Mirim, Cruzeta, Apodi, Mossoró, Florânia e Macau) Estações Climatológicas de Superfície que realizam observações e coletam dados padronizados pela OMM por um período igual ou superior a 30 anos.

Diante desta conjuntura e da observância das deficiências e insuficiências do sistema de coleta de dados no estado do Rio Grande do Norte, o trabalho objetiva estimar e espacializar, para cada município do estado, dados concernentes as variáveis climáticas temperatura média e umidade relativa do ar.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

Segundo o Instituto de Defesa do Meio Ambiente (IDEMA, 2002), o estado do Rio Grande do Norte localiza-se totalmente no Hemisfério Sul Ocidental, na região Nordeste do Brasil tendo como pontos extremos: 4° 49' 53''S e 6° 58' 57''S e 34° 58' 03''W e 38° 36' 12''W. Tal posição, entre outros fatores, será decisiva em sua configuração climática. Conseqüentemente, o estado apresenta – como mostra a figura 1 – os seguintes tipos climáticos: úmido – porção sul do litoral oriental, com índices médios de pluviosidade média acima de 1.200 mm anuais; sub-úmido – litoral oriental, áreas serranas do interior e porção oeste, com pluviosidade média de 800 a 1.200 mm

anuais; semi-árido – toda a porção central e parte do litoral norte com pluviosidade média de 400 a 600 mm anuais.

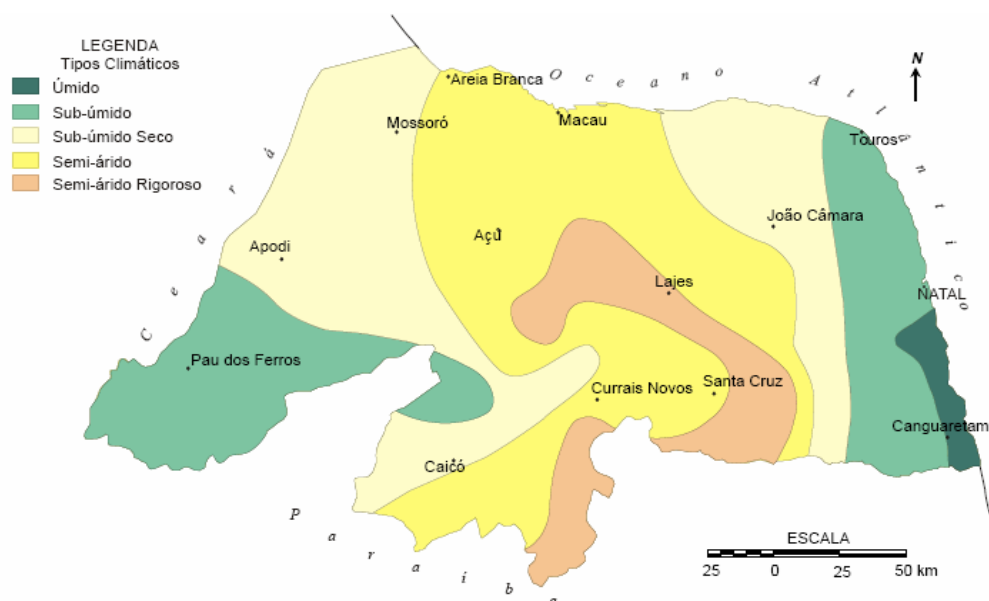


Figura 1: Mapa climático do estado do Rio Grande do Norte.

Fonte: Instituto de Defesa do Meio Ambiente (IDEMA-RN, 2002).

Metodologia

Coleta de Dados

A coleta de gabinete foi realizada junto às instituições que coletam e quantificam dados relacionados às variáveis climáticas em estudo (temperatura média do ar e umidade relativa do ar). Durante esta etapa, obtiveram-se dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN). Além destas, foram também levantados dados a partir da Normal Climatológica referente ao período de 1961-1990, esta organização pelo INMET.

Software Estima_T

O *software* Estima_T é um modelo de regressão múltipla aplicado à estimação da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil, tendo sido proposto pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA/CCET/UFCG).

O modelo foi utilizado na estimação das temperaturas máximas, mínimas e médias para os municípios que não possuem dados relativos às Normas Climatológicas. Em se tratando das características Ainda em relação ao Estima_T, Cavalcanti (2005) afirma que, para elaboração do modelo:

“Foram utilizadas as séries temporais das médias mensais de temperatura do ar (média diária, mínima e máxima) de 69

estações meteorológicas do Nordeste do Brasil (NEB) e ATSM do oceano Atlântico Tropical”.

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática dada por:

$$T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\varphi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\varphi + a_8\lambda h + a_9\varphi h + ATSM_{ij} \quad (1)$$

Onde:

λ é longitude (em graus);

φ é a latitude (em graus);

h é a elevação de cada estação meteorológica analisada (em metros);

$a_0, a_1 \dots a_9$ são os coeficientes de regressão;

Os índices i e j indicam, respectivamente, o mês e o ano para o qual se está calculando a temperatura do ar (T_{ij}).

Estatística Descritiva

Fez-se necessário a utilização da estatística descritiva em todo o processo, sendo esta representada tanto por medidas de tendência central (média, moda e mediana), bem como por medidas de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude).

Séries Temporais

As séries temporais consistem, sobretudo, em observações registradas em função do tempo cronológico. Assim, essas podem ser simbolizadas pela função genérica:

$$y = f(t) \quad (2)$$

Assim, estudos empíricos irão depender, em demorado, do arranjo desses dados em forma cronológica, com vistas à análise crítica da mesma, a fim de analisar, descrever, compreender e prever cenários a partir do comportamento de uma dada variável em função da série em pauta.

Na pesquisa, foram levantadas séries temporais de variáveis climáticas diversas a fim de compreender o comportamento da variável umidade relativa do ar.

Correlação de Pearson

A correlação de Pearson pode ser compreendida, segundo Andriotti (2005), como uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando necessariamente uma relação de causa e efeito.

O método foi utilizado com o objetivo de observar a correlação entre as variáveis climáticas diversas e a variável umidade relativa do ar. O coeficiente de correlação de Person é obtido a partir da seguinte equação:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

Onde:

r = Índice situado entre -1 e 1;

x e y = Valores das variáveis em estudo.

Regressão

As equações foram empregadas quando da necessidade de estimar a umidade relativa do ar para os municípios onde inexitem dados relativos à Normal Climatológica. Estes dados foram estimados a partir da variável temperatura do ar.

$$\hat{Y} = aX^1 + bX^2 + cX^3 + d \quad (4)$$

Onde:

\hat{Y} = Valor estimado da umidade relativa do ar;

X^i = Valor da temperatura do ar;

a, b e c = Coeficientes angulares;

d = Coeficiente linear.

Estimação Geoestatística

A geoestatística é um ramo científico utilizado na predição/estimação de dados/valores inerentes a certa variável no espaço geográfico. Ela trata as variáveis como sendo regionalizadas, porém, segundo Andriotti (2005), não faz todo o tratamento dos dados de forma integrada e, ainda, não pode ser entendida como ferramenta capaz de criar dados, mas sim, tratar a informação espacial.

Na pesquisa fez-se uso da ferramenta no processo de estimação, interpolação e espacialização dos dados referente às variáveis temperatura média e umidade relativa do ar; essas geradas a partir de métodos estatísticos. Ainda, fez-se uso, na geração dos *grids*, dos métodos de Krigagem – para os dados de temperatura do ar – e Mínima Curvatura – para os dados de umidade relativa do ar.

Software Sufer

O programa computacional *sufer*, na sua versão 8.0, foi desenvolvido no ano de 2002 com o objetivo de criar mapas isopléticos, ou de isolinhas, tendo sido aplicado inicialmente para dados topográficos. Na pesquisa, esse foi utilizado para interpolar e espacializar, no espaço e no tempo, os dados referentes às variáveis temperatura e umidade relativa do ar no estado do Rio Grande do Norte.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em se tratando dos dados de temperatura média do ar, esses foram estimados e espacializados para os municípios que não dispunham de séries temporais com mais de 30 anos para a variável em estudo.

O conjunto de mapas 1 (representando pelas figuras 1 a 12), observado logo abaixo, mostra a variação sazonal da temperatura média do ar no estado do Rio Grande do Norte. As figuras são resultantes do processo de estimação pontual (municípios) e espacial das variáveis em estudo, a partir dos métodos já descritos. A partir dos mapas, pode-se observar que há uma tendência de redução da temperatura média do ar entre o período relativo aos meses de janeiro a julho. Ainda, verifica-se que a partir do mês de julho o comportamento da mesma modifica-se, ocasionando elevação na média térmica do estado. Constata-se também, que ocorre, durante todo o ano, uma predominância de temperaturas médias mais elevadas nas mesoregiões médio oeste e oeste do Rio Grande do Norte. Em contrapartida, percebe-se que, as mais baixas temperaturas médias, estão localizadas, também durante todo o ano, nas mesoregiões leste, agreste e central, além de áreas isoladas nas mesoregiões médio e alto oeste do estado do Rio Grande do Norte.

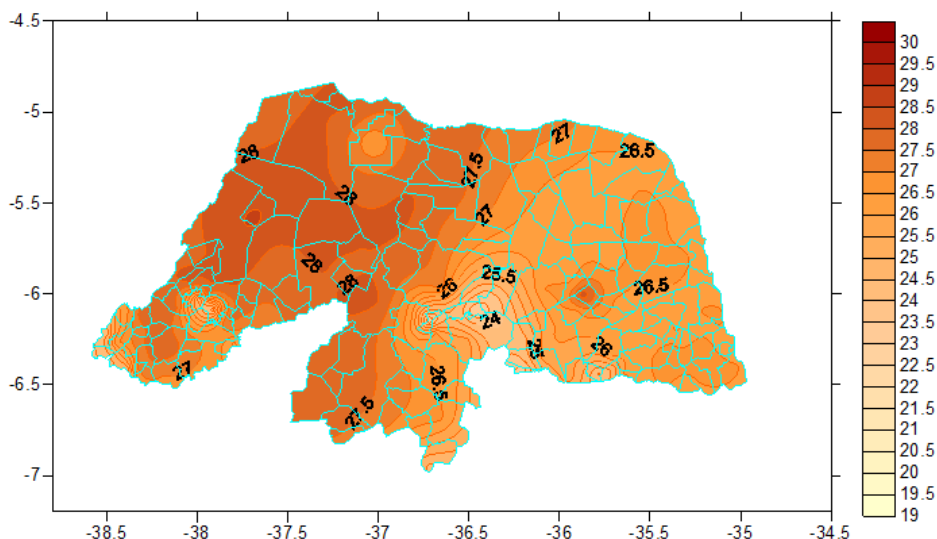


Figura 1: Mapa de temperatura média do ar para o mês de janeiro no Rio Grande do Norte.

Fonte: SILVA, 2008.

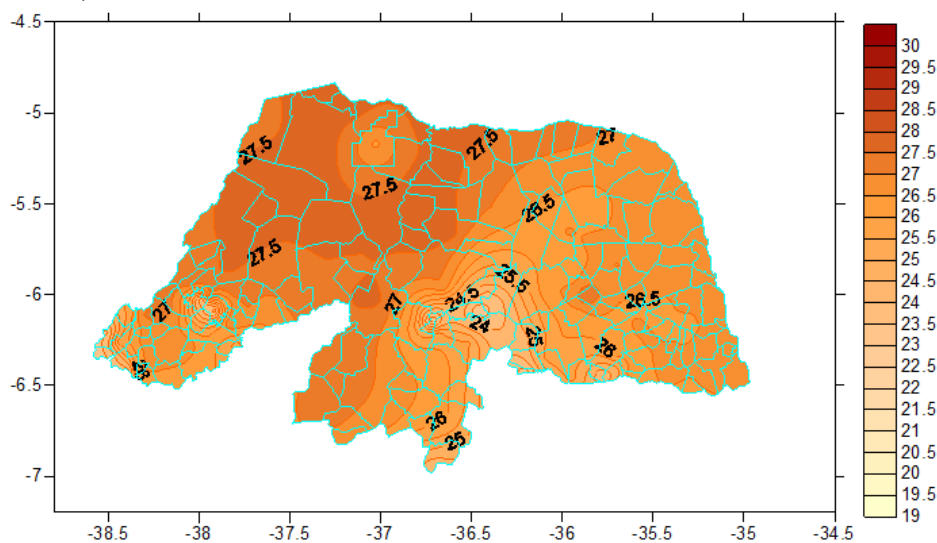


Figura 2: Mapa de temperatura média do ar para o mês de fevereiro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

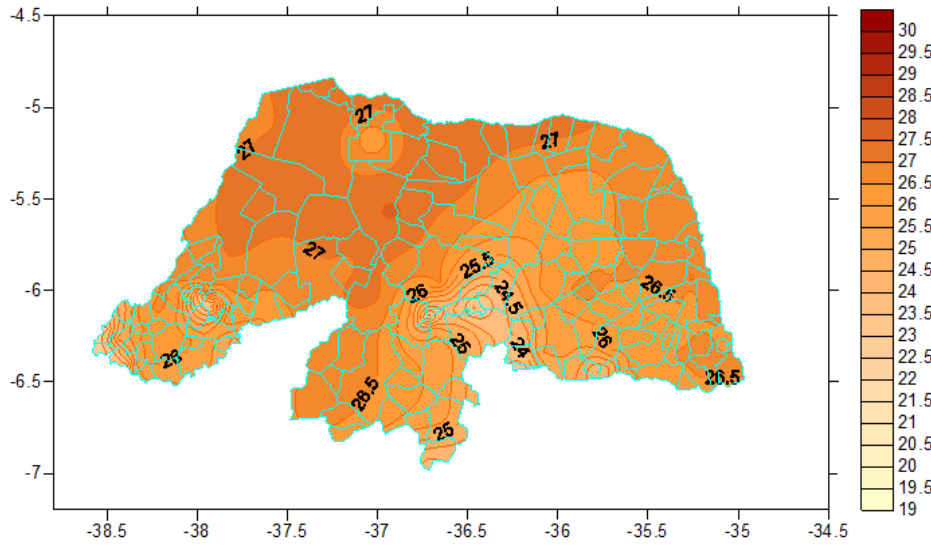


Figura 3: Mapa de temperatura média do ar para o mês de março no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

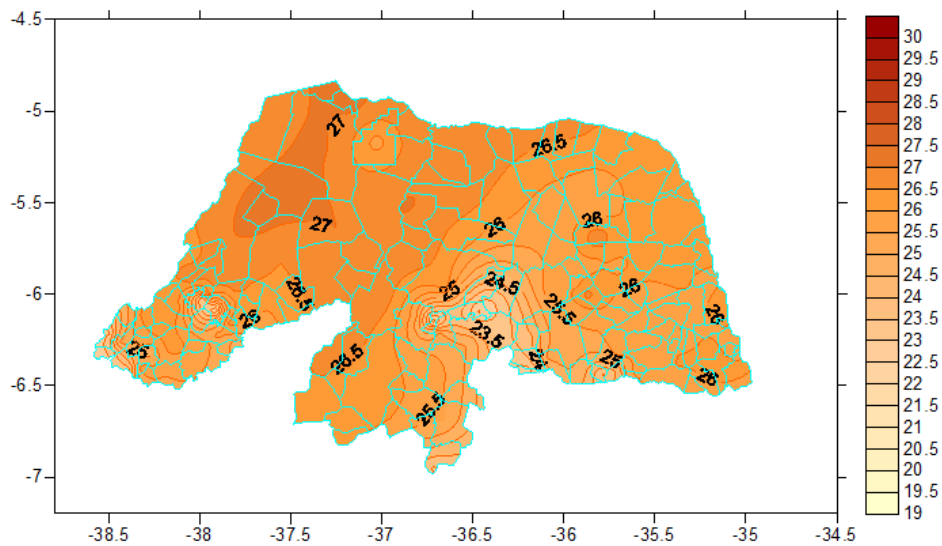


Figura 4: Mapa de temperatura média do ar para o mês de abril no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

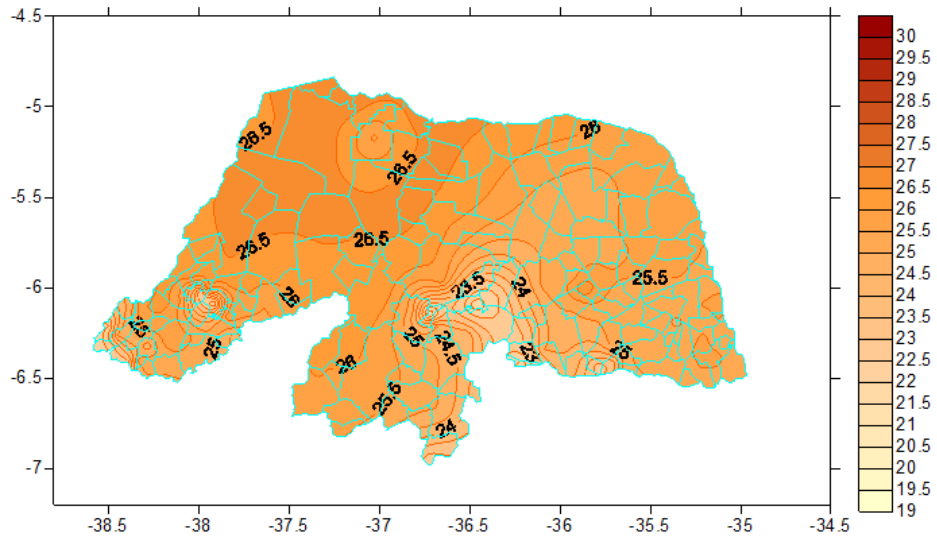


Figura 5: Mapa de temperatura média do ar para o mês de maio no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

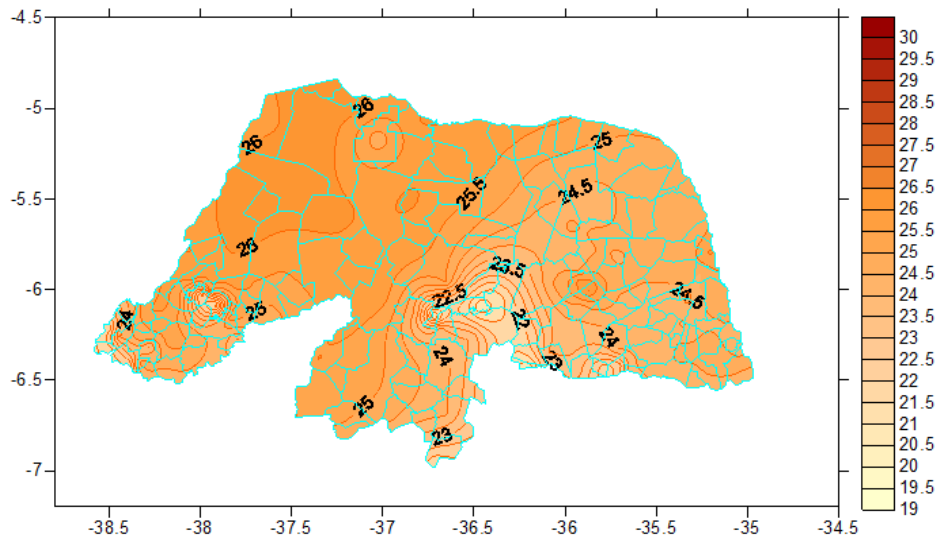


Figura 6: Mapa de temperatura média do ar para o mês de junho no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

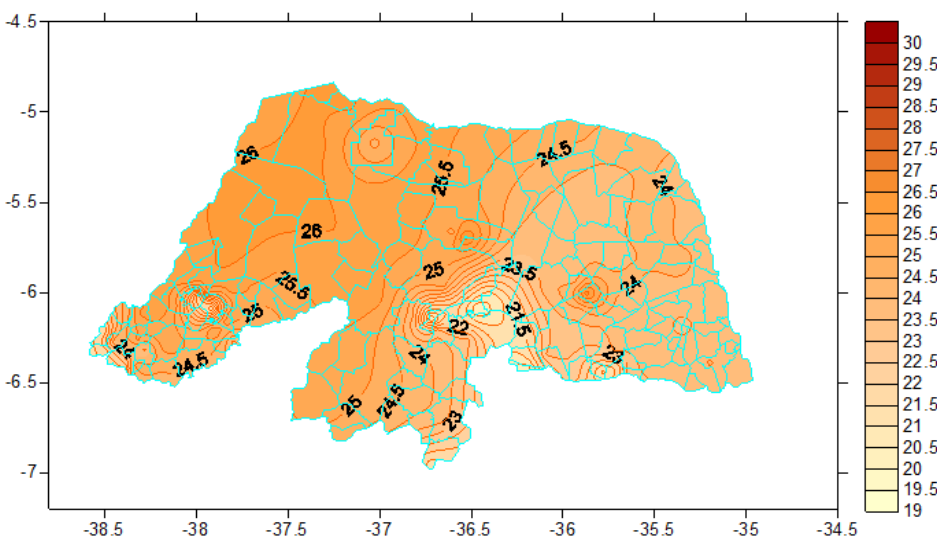


Figura 7: Mapa de temperatura média do ar para o mês de julho no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

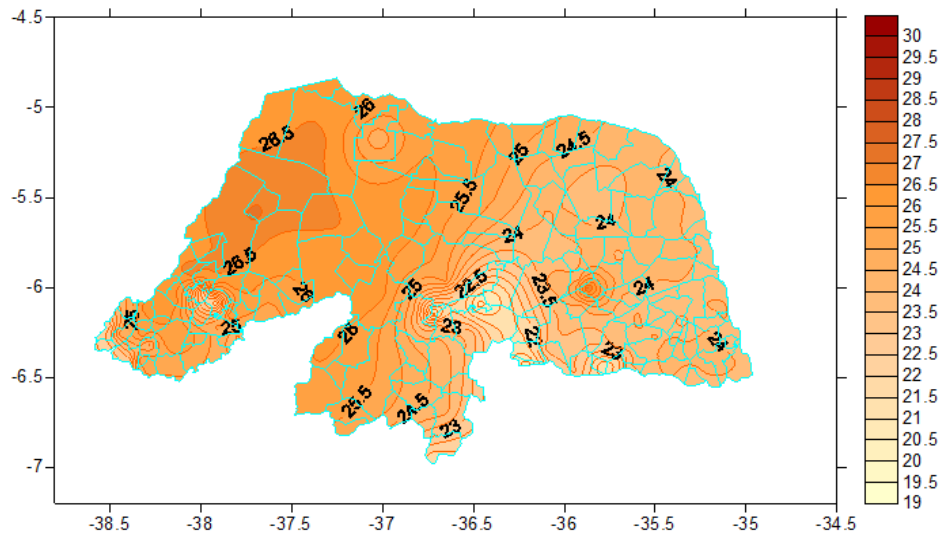


Figura 8: Mapa de temperatura média do ar para o mês de agosto no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

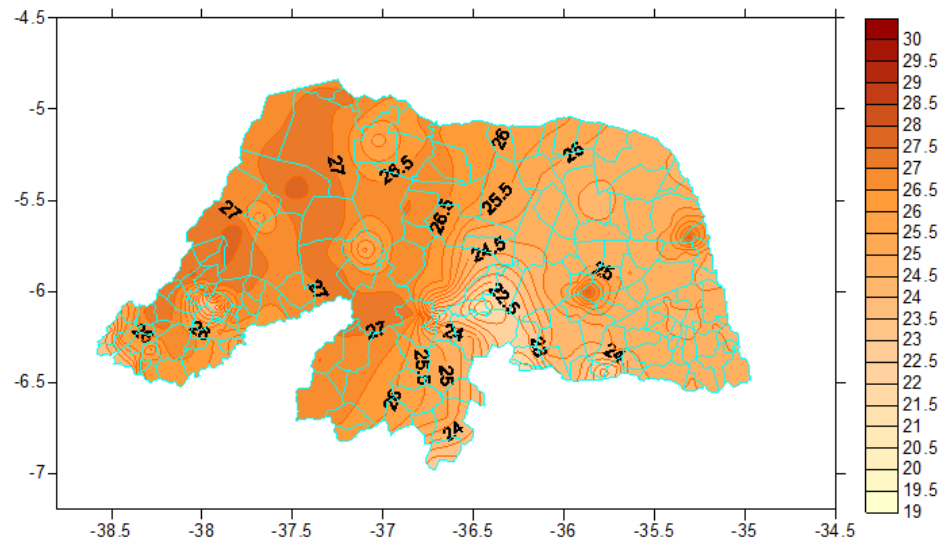


Figura 9: Mapa de temperatura média do ar para o mês de setembro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

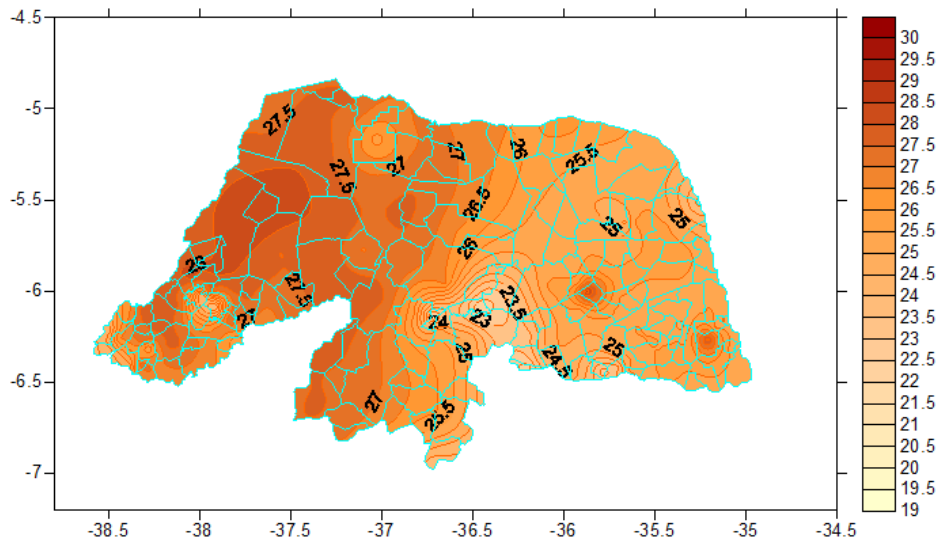


Figura 10: Mapa de temperatura média do ar para o mês de outubro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

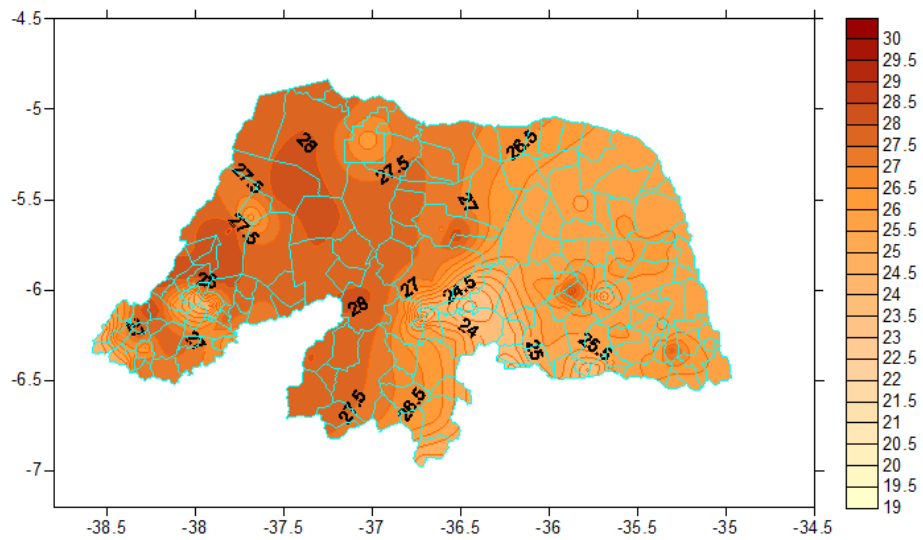


Figura 11: Mapa de temperatura média do ar para o mês de novembro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

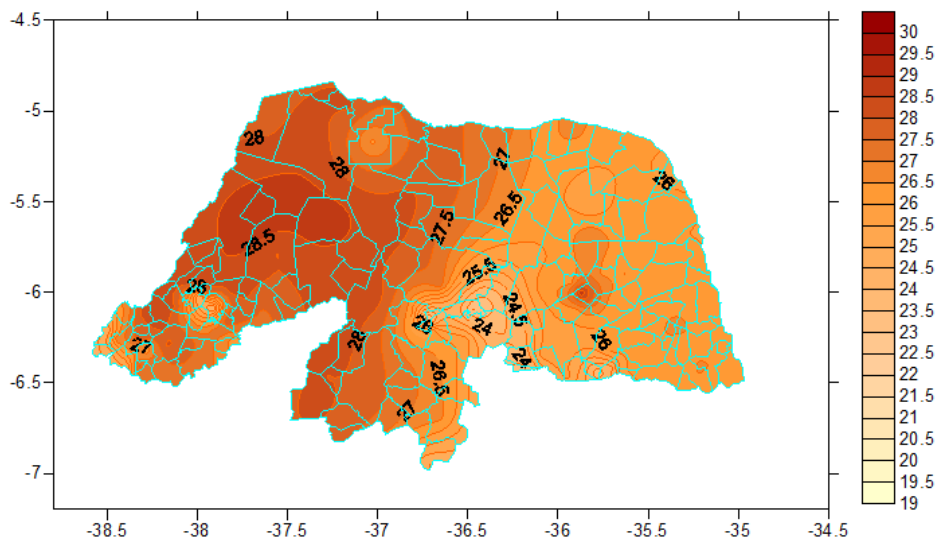


Figura 12: Mapa de Temperatura média do ar para o mês de dezembro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

O fato da predominância das temperaturas médias mais reduzidas em certas porções do estado foi atrelado/justificado, além da dinâmica atmosférica local, ao perfil altimétrico do estado, que irá conferir as áreas elevadas, temperaturas mais amenas durante todo o ano. Tal fato pode observado, logo abaixo, a partir da figura 13.

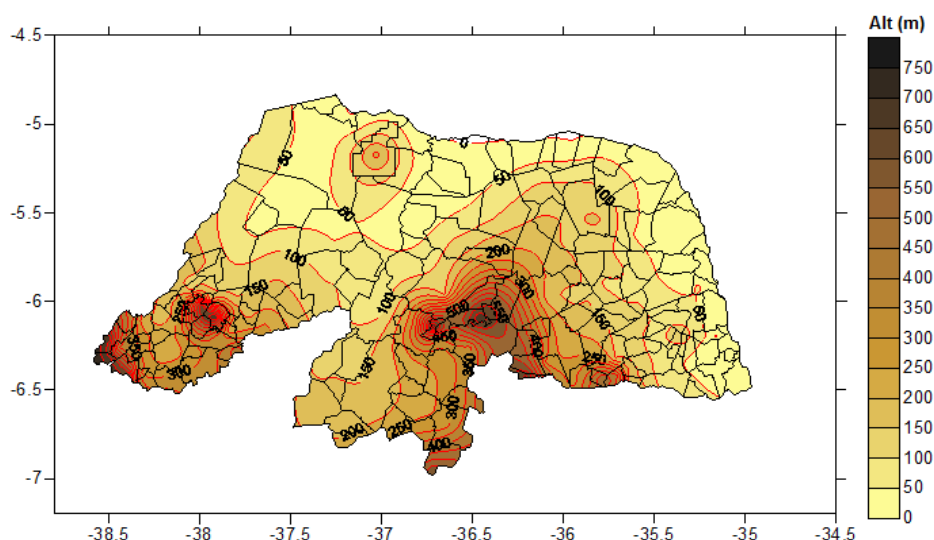


Figura 13: Mapa altimétrico do Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

Em se tratando do comportamento da umidade relativa do ar no estado, como observado logo abaixo, a partir do conjunto de mapas 2 (representado pelas figuras 14 a 25), verifica-se que há uma tendência de elevação da umidade do ar no estado no período compreendido entre os meses de janeiro a junho. Contrariamente, observa-se que o período posterior, ou seja, entre os meses de julho a novembro, há uma tendência de redução da umidade relativa do ar. Percebe-se também que a mesoregião leste, principalmente na sua porção mais oriental, é a área que registra os maiores índices de umidade relativa do ar no RN. Em contrapartida, observa-se que há, durante todo o ano, uma permanência de valores mais reduzidos, respectivos a umidade relativa do ar, especialmente, na porção central do estado.

O comportamento da umidade relativa do ar, tanto do ponto de vista espacial como temporal, pode ser justificado pela influência da estação chuvosa (outono) que está compreendida, majoritariamente, entre os meses de fevereiro a junho. A influência da precipitação pluviométrica, nesse contexto, será fundamental; conferindo elevação dos índices de umidade relativa do ar, principalmente, nas áreas mais continentais do Rio Grande do Norte durante a influência da estação chuvosa e redução desses com o cessar das precipitações.

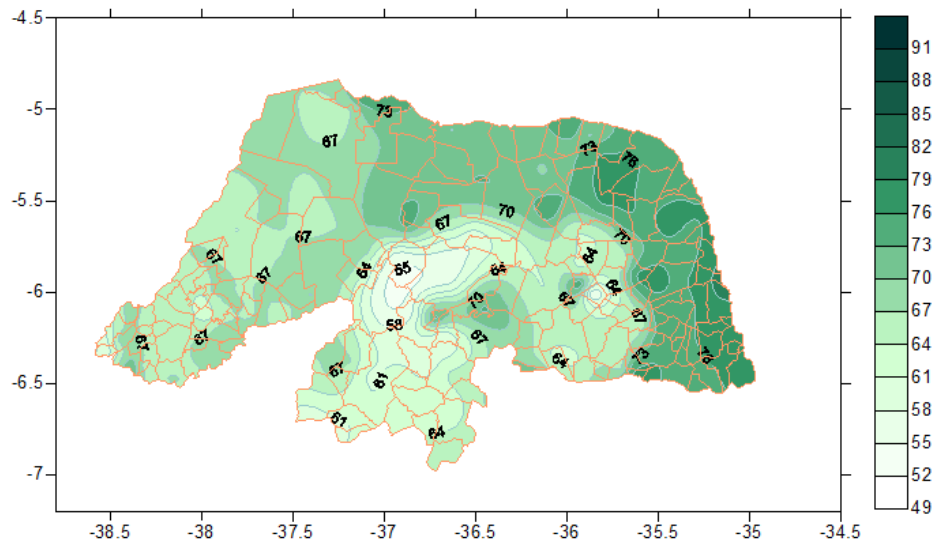


Figura 14: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de janeiro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

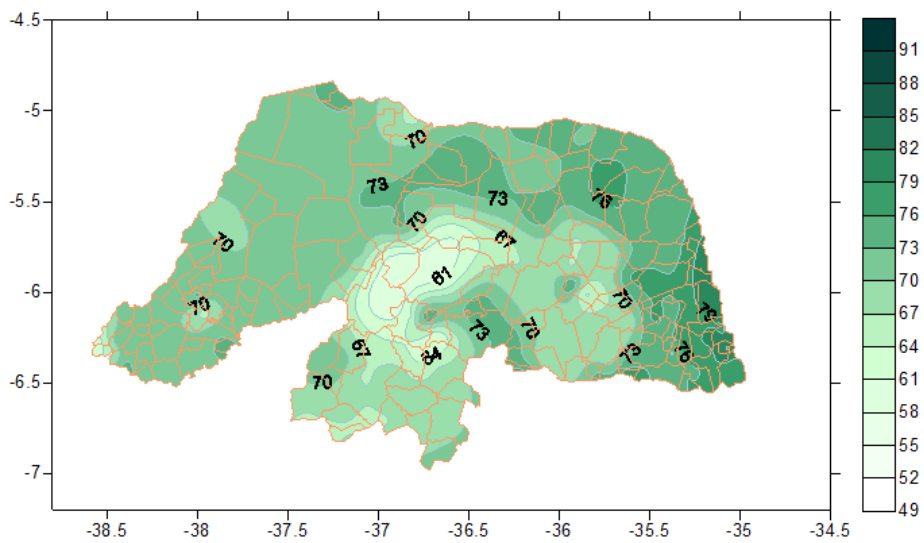


Figura 15: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de fevereiro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

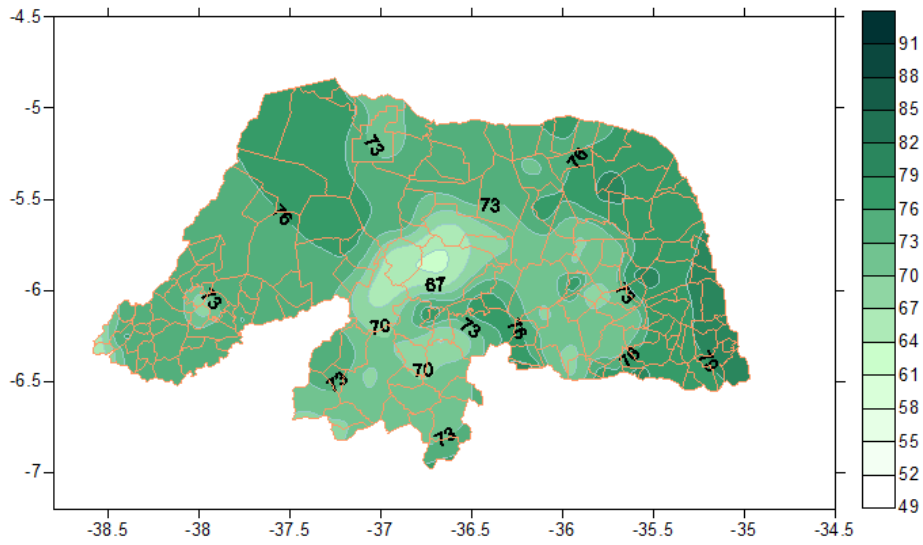


Figura 16: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de março no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

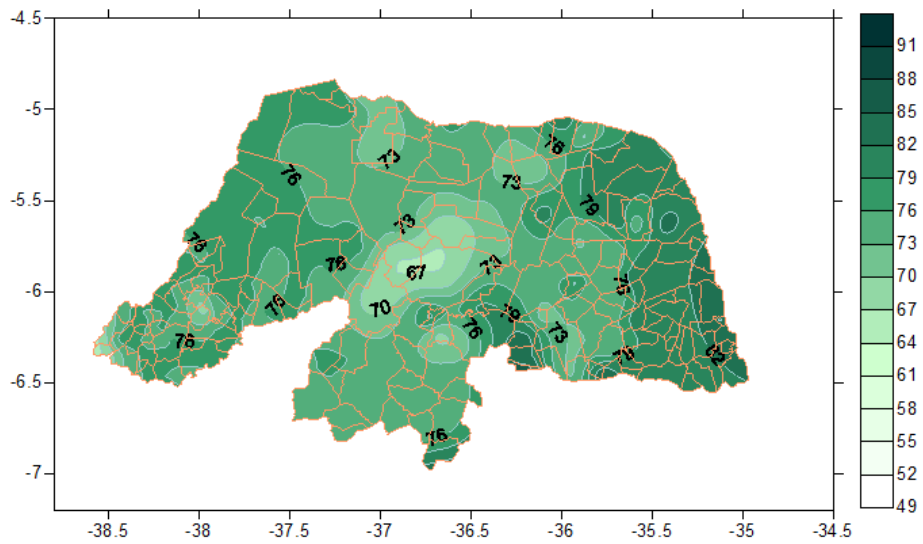


Figura 17: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de abril no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

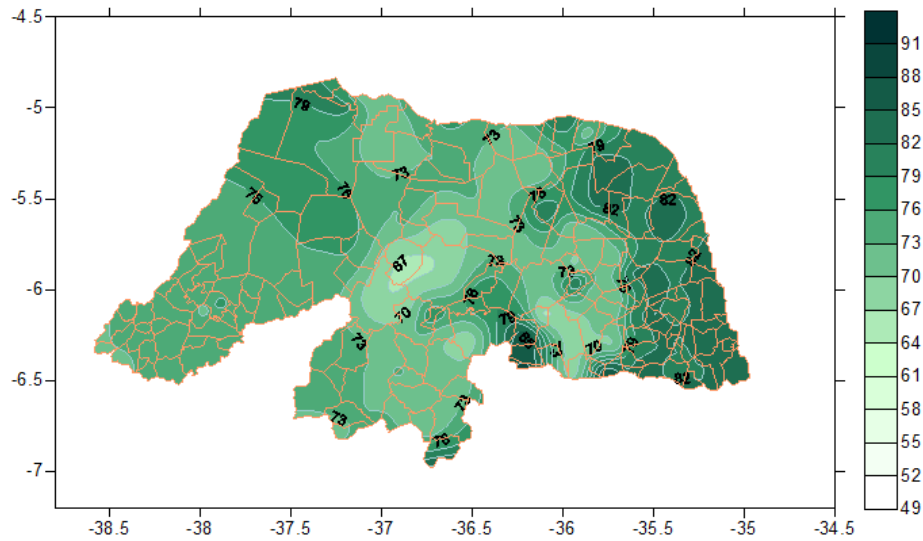


Figura 18: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de maio no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

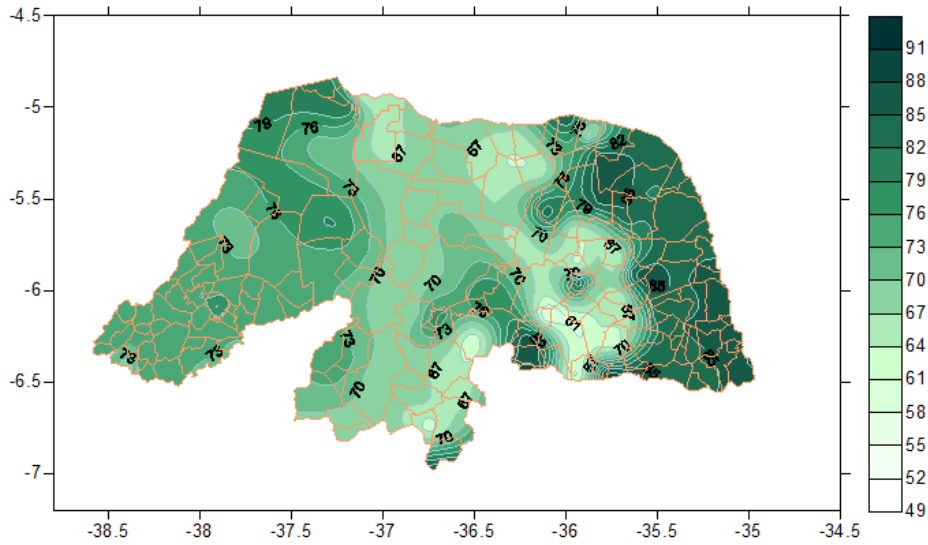


Figura 19: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de junho no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

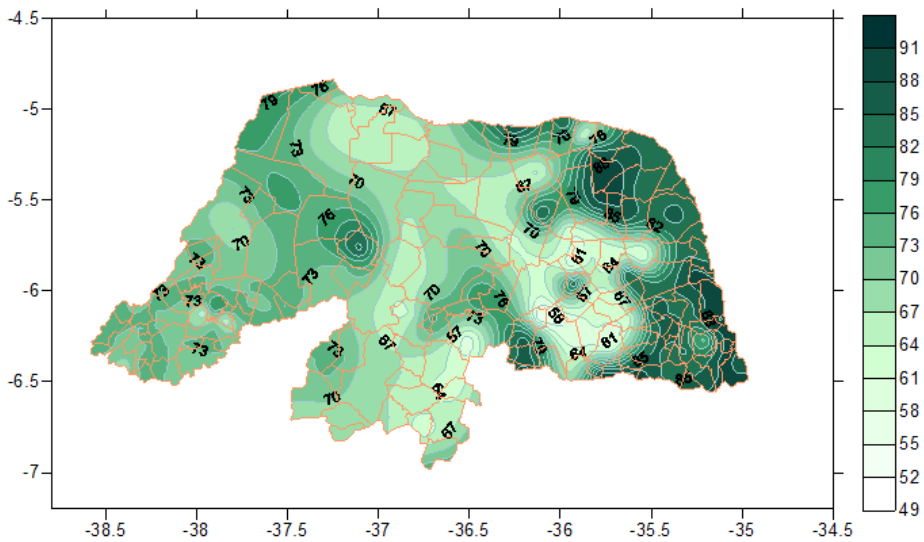


Figura 20: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de julho no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

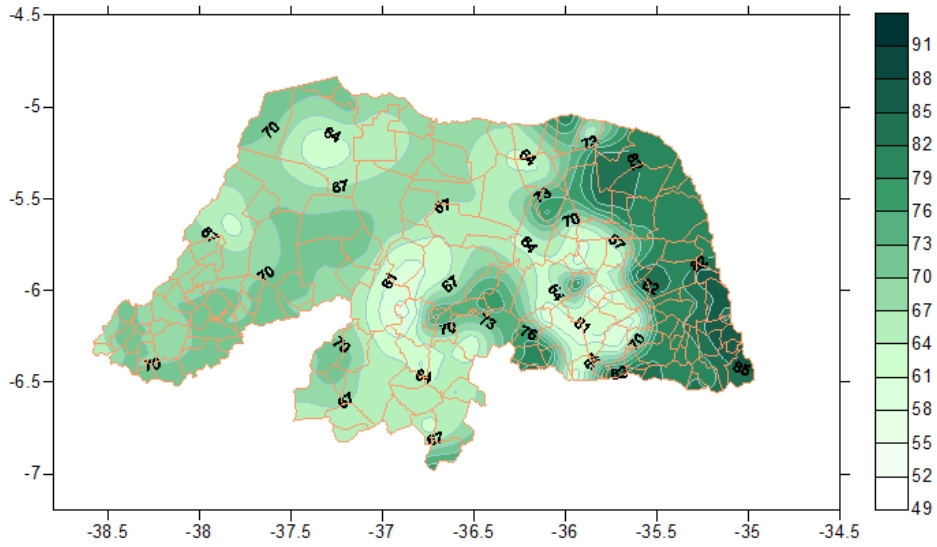


Figura 21: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de agosto no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

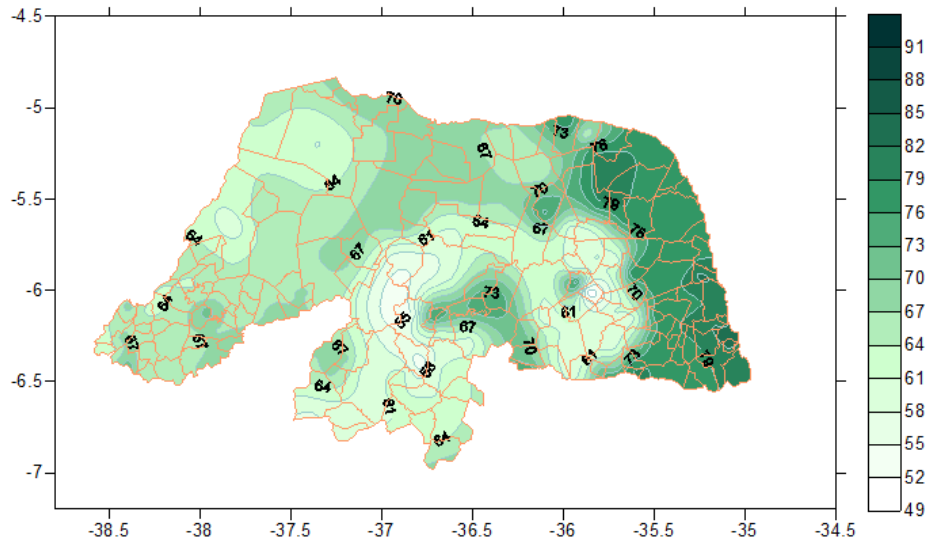


Figura 22: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de setembro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

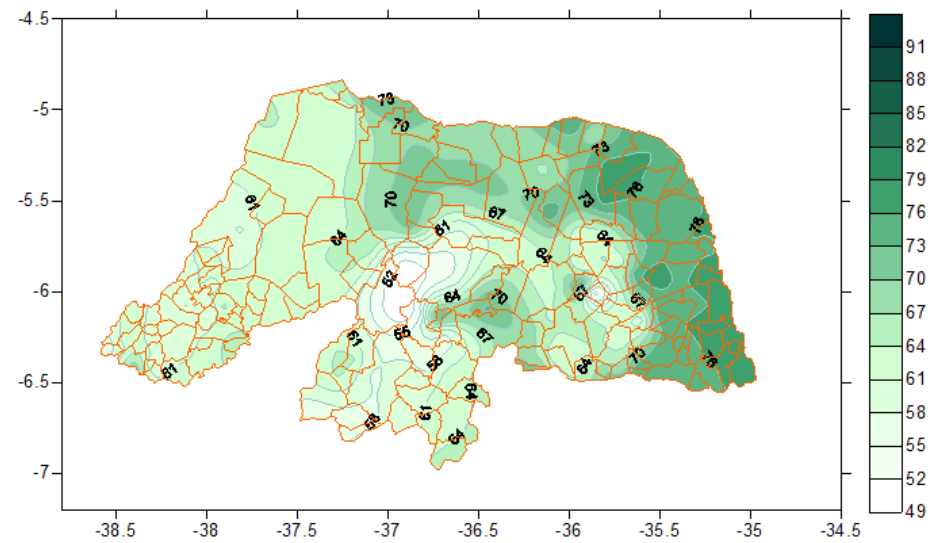


Figura 23: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de outubro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

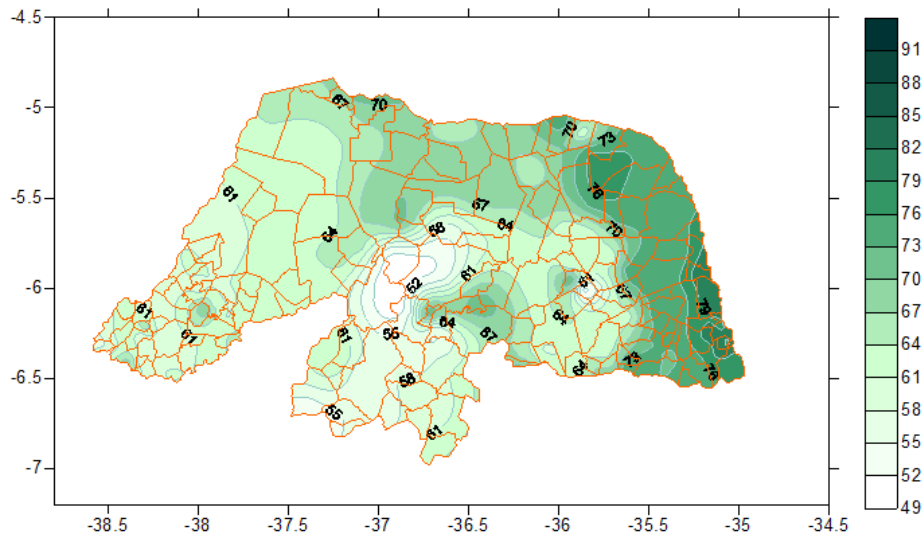


Figura 24: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de novembro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

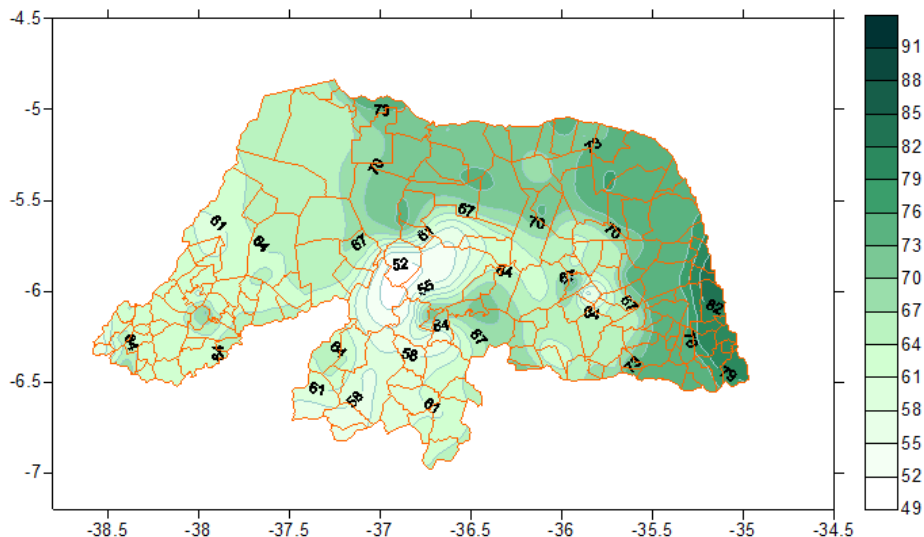


Figura 25: Mapa de umidade relativa do ar para o mês de dezembro no Rio Grande do Norte.
Fonte: SILVA, 2008.

CONCLUSÕES

Embasado nos resultados aqui obtidos, observou-se que tanto o comportamento da temperatura média do ar como o da umidade relativa do ar estão diretamente relacionados à sazonalidade da climatologia local, acompanhando a atuação dos sistemas sinóticos mais expressivos e influentes no Rio Grande do Norte, a saber: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que está associado às precipitações pluviométricas, a redução da média térmica e elevação da umidade relativa do ar, principalmente, no interior do estado no período entre os meses de fevereiro a junho; e

as Ondas de Leste (OL), responsável pela elevação da umidade relativa do ar e chuvas especialmente na porção litoral oriental do estado.

Tal conjuntura concede ao estado do Rio Grande do Norte variações significativas tanto no espaço como no tempo das variáveis em estudo, refletindo diretamente em questões relativas, por exemplo, ao balanço de energia – com conseqüências no conforto térmico – e ao desenvolvimento, proliferação e disseminação de vetores de doenças de impacto direto na saúde humana; estando à amplitude destas enfermidades atrelada ao comportamento das condicionantes atmosféricas temperatura média e umidade relativa do ar.

REFERÊNCIAS

ANDRIOTTI, L. S. J. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo-RS: Unisinos, 2005. 165 p.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. 11^aed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas**. Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84 p.

CAVALCANTI, E. N.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. D. **Programa computacional para estimação da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, 2006. 8 p.

INSTITUTO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE (IDEMA-RN). **Perfil do estado do Rio Grande do Norte**. Natal: IDEMA, 2002.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Instrumentos meteorológicos utilizados em estações de superfície**. DRN: Recife, 1975.

VIEIRA, S. **Introdução à Bioestatística**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1980. 195 p.