

## VARIAÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA DO AR NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ, RS

BURIOL, Galileo Adeli – galileo@unifra.br  
Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, RS

ESTEFANEL, Valduino – vestefanel@unifra.br  
Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, RS

TODESCHINI, Raul – todeschini.raul@gmail.com  
Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, RS

SILVA, Regis Leandro Lopes  
Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, RS

---

**RESUMO:** Foram mapeadas as temperaturas médias das médias, médias das mínimas e médias das máximas mensais e anuais do ar, na área da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí, estado do Rio Grande do Sul - RS. A área da bacia hidrográfica foi delimitada utilizando-se imagens disponibilizadas pela Embrapa Monitoramento por Satélite importadas para o *Software ArcMap 10*. As imagens contêm dados altimétricos distribuídos em todos os *pixels*. Estes foram transformados em pontos, e, para cada um dos pontos, determinada a latitude, que, por sua vez, foi utilizada no cálculo das temperaturas, com a utilização de equações de regressão. A partir dos dados de altitude e latitude e da temperatura estimada para todos os pontos da área da bacia hidrográfica, estes foram novamente convertidos em *pixels* para a reconstituição da imagem da bacia hidrográfica, a confecção dos mapas da variação espacial das temperaturas do ar e o traçado das isotermas. Os valores mais elevados de temperatura ocorrem na Depressão Central, principalmente, próximo ao curso do rio Vacacaí, onde estão localizadas as áreas de menor altitude e os mais baixos, nas partes de maior altitude, como no rebordo do Planalto e, principalmente, na Serra do Sudeste.

**PALAVRAS-CHAVE:** temperatura, latitude, altitude.

*AIR TEMPERATURE SPATIAL VARIATION IN THE VACACAI RIVER WATERSHED, RS, BRAZIL*

**ABSTRACT:** The average of the averages, averages of the minimum and average of the monthly and annual maximum air temperature were mapped in the area of the Vacacaí River watershed, in the Rio Grande do Sul state- RS. The catchment area was delimited using images provided by Embrapa Satellite Monitoring imported into ArcMap 10 software. The images contain altimetry data distributed across all pixels. These were converted into points and to each point determined in latitude, which in turn was used to calculate the temperatures using regression equations. From altitude and latitude data and from the temperature estimated for each position of the watershed area, those were converted to pixels again in order to rebuild the image of the catchment, the map of the spatial variation of air temperatures and isotherms. The highest temperature values occur in the Depression Central, mainly near the course of the river, where are located areas of lower altitude, and the lower temperature values occur in parts of higher elevation, such as the edge of the Planalto, and especially in the Serra do Sudeste.

**KEY-WORDS:** temperature, latitude, altitude

---

### 1. INTRODUÇÃO

Os estudos disponíveis sobre a distribuição espacial da temperatura do ar, geralmente são de áreas geográficas extensas como um estado ou país. Nestes casos, muitas vezes, características térmicas regionais relevantes não são representadas. Desta forma, é importante que, quando possível, seja realizada a

especialização da temperatura também de áreas menores, como um município ou uma bacia hidrográfica. É o caso da bacia hidrográfica do rio Vacacai, estado do Rio Grande do Sul (RS).

A maior parte da bacia hidrográfica do rio Vacacai está localizada na região fisiográfica da Depressão Central (MACHADO, 1950) e sua área é de, aproximadamente, 10.000 km<sup>2</sup> (RS, 1989; SEMA, 2009). As suas nascentes, no Escudo Sul-riograndense, município de São Gabriel e no rebordo do Planalto, município de Santa Maria, estão localizadas em altitudes em torno de 450m acima do nível médio do mar e seu exutório, no rio Jacui, a 30m. Estas diferenças de altitude são um indicativo de importantes variações de temperatura na área da bacia hidrográfica.

As terras e águas da bacia hidrográfica do rio Vacacai são utilizadas principalmente para a agricultura e pecuária (PRÓ-GUAÍBA, 2011). Nas várzeas da Depressão Central é cultivado, principalmente, o arroz e, nas coxilhas, a soja, milho e pastagem. O Rebordo do Planalto é ocupado por florestas nativas do tipo subtropical e na Serra do Sudeste tem-se o cultivo de soja, milho, frutíferas, pastagem e floresta. A época de semeadura, o crescimento, o desenvolvimento e a duração do ciclo destas espécies cultivadas e espécies nativas estão diretamente relacionados com a disponibilidade de soma térmica na região. Tanto na Depressão Central como na Serra do Sudeste e Rebordo do Planalto existem importantes ecossistemas naturais. A variação sazonal da temperatura do ar é um dos principais condicionantes da dinâmica desses ambientes. Existem também, principalmente na Depressão Central, inúmeros reservatórios naturais e, principalmente, artificiais (barragens) de água. Assim, as perdas de água por evaporação destes corpos hídricos estão, em parte, condicionadas à variação da temperatura do ar. Estes exemplos ilustram a importância da representação espacial da temperatura na região visando, principalmente, o planejamento dos diferentes empreendimentos que dela dependem.

No perímetro da área da bacia hidrográfica do rio Vacacai existem duas estações meteorológicas atualmente em funcionamento com medidas de temperatura do ar pertencentes à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO): São Gabriel e Boca do Monte, e duas, com observações canceladas há mais de três décadas pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia (8ºDISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): São Gabriel e Caçapava do Sul. Assim, a densidade de locais com registros de temperatura é muito baixa, não havendo possibilidade de um mapeamento adequado das condições térmicas somente com estes dados. Uma alternativa é a utilização de modelos estatísticos de estimativa gerados a partir da relação da temperatura com os fatores geográficos como a altitude, latitude e continentalidade.

Para as condições geográficas do estado do Rio Grande do Sul (RS) já existem modelos estatísticos de estimativa das temperaturas médias das médias, médias das máximas e médias das mínimas mensais e anuais (FERREIRA et al., 1971; BURIOL et al., 1973; ESTEFANEL et al., 1973) e das temperaturas médias das médias, médias das máximas e média das mínimas decendiais (CARGNELUTTI FILHO et al., 2006; 2008). São equações de regressão obtidas a partir da relação da temperatura do ar com a altitude e a latitude. Assim, com a utilização dessas equações, é possível determinar a variação espacial das disponibilidades térmicas de uma região na qual não existem registros de temperatura do ar como, por exemplo, a área de uma bacia hidrográfica.

O objetivo, neste trabalho, consistiu em mapear as temperaturas médias das médias, médias das mínimas e médias das máximas mensais e anuais na área da bacia hidrográfica do Rio Vacacai – RS, com dados estimados a partir de equações de regressão obtidas da relação entre a temperatura do ar e a altitude e a latitude.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

No processo de mapeamento da variação espacial da temperatura do ar na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS, utilizaram-se imagens SRTM disponibilizadas pela Embrapa Monitoramento por Satélite. São imagens que possuem dados altimétricos de todo o território brasileiro distribuídos em seus respectivos *pixels*, resolução espacial de 90m, sistema de coordenadas geográficas e Datum WGS 84.

As imagens foram importadas para o programa computacional *ArcMap 10*, o que possibilitou a delimitação da área da bacia hidrográfica e a posterior geração do mapa hipsométrico dessa bacia. Utilizou-se o procedimento de transformação dos *pixels* em pontos, dessa forma possibilitando a aquisição dos valores de altitude e latitude, variáveis essas utilizadas na estimativa das temperaturas médias das médias, médias das mínimas e médias das máximas do ar, a partir das equações publicadas, respectivamente, em FERREIRA et al.(1971), BURIOL et al. (1973) e ESTEFANEL et al. (1973).

A partir dos dados de altitude e latitude e da temperatura estimada para todos os pontos da área da bacia hidrográfica, esses foram novamente convertidos em *pixels* para a reconstituição da imagem e consequente confecção dos mapas temáticos das temperaturas. Com a finalidade de facilitar a visualização da variação espacial da temperatura foram traçadas as isotermas. Todos os procedimentos na realização do trabalho foram efetuados utilizando o *software ArcMap 10*.

Para avaliar o ajustamento das equações de regressão foram estimadas as médias das temperaturas médias mensais para as estações meteorológicas de Caçapava do Sul e São Gabriel, localizadas dentro da bacia hidrográfica do rio Vacacai e Santa Maria, situada no seu entorno e comparadas com os valores observados, médias do período 1931-1960, obtidas de INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (1989).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os valores observados, os valores estimados pelas equações de regressão e as diferenças entre eles. Verifica-se que as diferenças não são elevadas. Das 36 estimativas 30 (83,3%) são iguais ou menores de 0,3°C e a maior diferença foi 0,6°C, o que permite o uso das temperaturas estimadas pelas equações.

Tabela 1. Temperaturas médias (°C) observadas (Obs), período 1931-1960, estimadas (Est.) com as equações de regressão obtidas por Ferreira et al.(1971) e as diferenças entre ambas (Dif), para as estações meteorológicas de Santa Maria, Caçapava do Sul e São Gabriel, estado do Rio Grande do Sul.

Mês	Santa Maria			Caçapava do Sul			São Gabriel		
	Obs	Est	Dif	Obs	Est	Dif	Obs	Est	Dif
<b>Jan</b>	24,7	24,8	-0,1	22,3	21,8	0,5	24,4	24,1	0,3
<b>Fev</b>	24,1	24,5	-0,4	21,8	21,6	0,2	24,1	23,9	0,2
<b>Mar</b>	22,8	22,8	0,0	20,2	20,2	0,0	22,3	22,3	0,0
<b>Abr</b>	18,9	19,1	-0,2	16,9	16,9	0,0	18,5	18,6	-0,1
<b>Mai</b>	16,4	16,1	0,3	14,1	14,1	0,0	15,0	15,6	-0,6
<b>Jun</b>	13,9	13,9	0,0	12,1	11,9	0,2	13,2	13,4	-0,2
<b>Jul</b>	13,8	13,5	0,3	11,4	11,6	-0,2	12,5	13,0	-0,5
<b>Ago</b>	14,9	14,7	0,2	12,8	12,5	0,3	14,2	14,0	0,2

<b>Set</b>	16,2	16,4	-0,2	14,0	13,9	0,1	16,0	15,7	0,3
<b>Out</b>	18,7	18,6	0,1	16,2	15,8	0,4	18,3	17,8	0,5
<b>Nov</b>	21,2	21,3	-0,1	18,5	18,3	0,2	20,8	20,5	0,3
<b>Dez</b>	23,5	23,6	-0,1	21,0	20,7	0,3	23,1	22,9	0,2

No mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, figura 1, observa-se que as maiores altitudes, em torno de 450m, estão localizadas na parte sul da bacia, na Região da Serra do Sudeste. Outra área de altitude elevada, em torno de 300m, localiza-se no extremo norte, no rebordo do Planalto. Ao centro da área da bacia hidrográfica encontra-se uma extensa planície, parte da Região da Depressão Central, com altitudes em torno de 200m nas partes mais elevadas e 30m próximo do exutório do rio Vacacaí, no rio Jacuí. Estas diferenças de altitude condicionam distintas disponibilidades térmicas no espaço geográfico da bacia hidrográfica, como se constata nas figuras 2, 3 e 4.

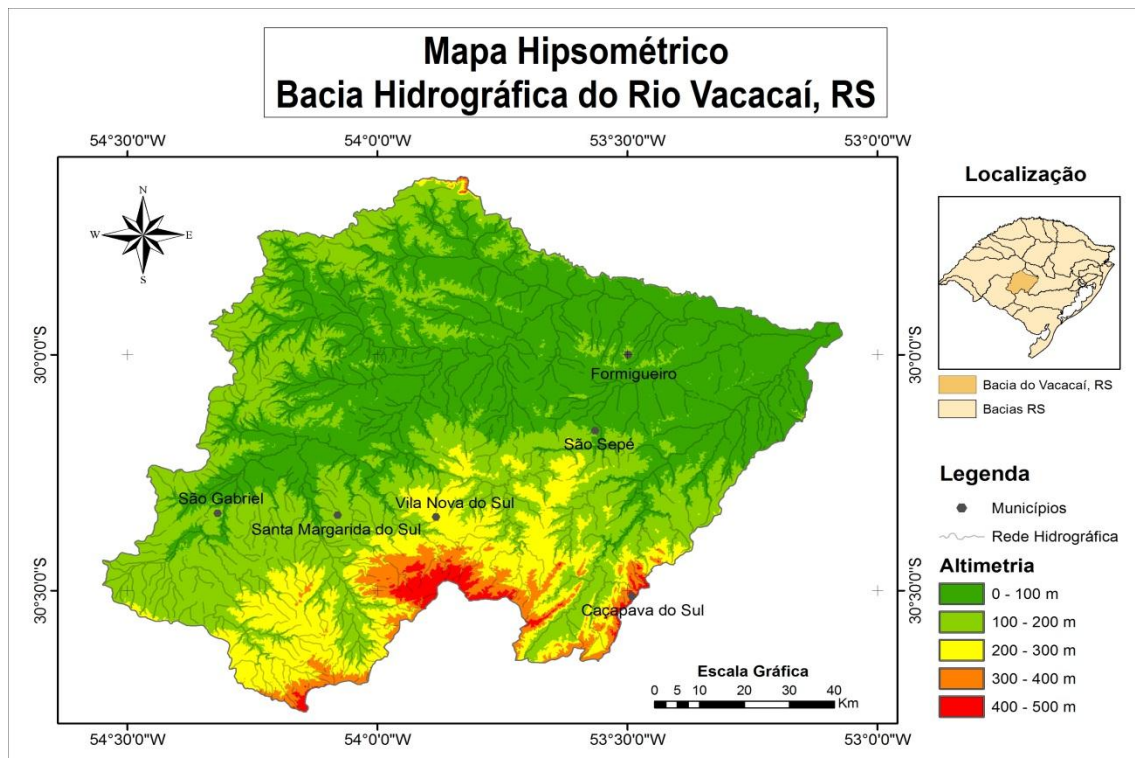


Figura 1 – Mapa hipsométrico da área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS.

Na figura 2, observa-se a variação espacial das temperaturas médias das mínimas para os doze meses do ano. Os menores e os maiores valores médios ocorrem, respectivamente, no mês de julho, entre 7,1 e 7,5°C e janeiro, entre 19,4 e 20,0°C. Para todos os meses, os valores mais elevados ocorrem na Depressão Central, principalmente próximo do curso do rio Vacacaí, onde estão localizadas as áreas de menor altitude na área da bacia hidrográfica e os mais baixos, nas partes

de maior altitude, como no rebordo do Planalto e, principalmente, na Serra do Sudeste. A amplitude térmica espacial, para cada mês, é maior nos meses mais quentes do ano. Isto denota a maior influência da altitude na variação da temperatura nesta época do ano.

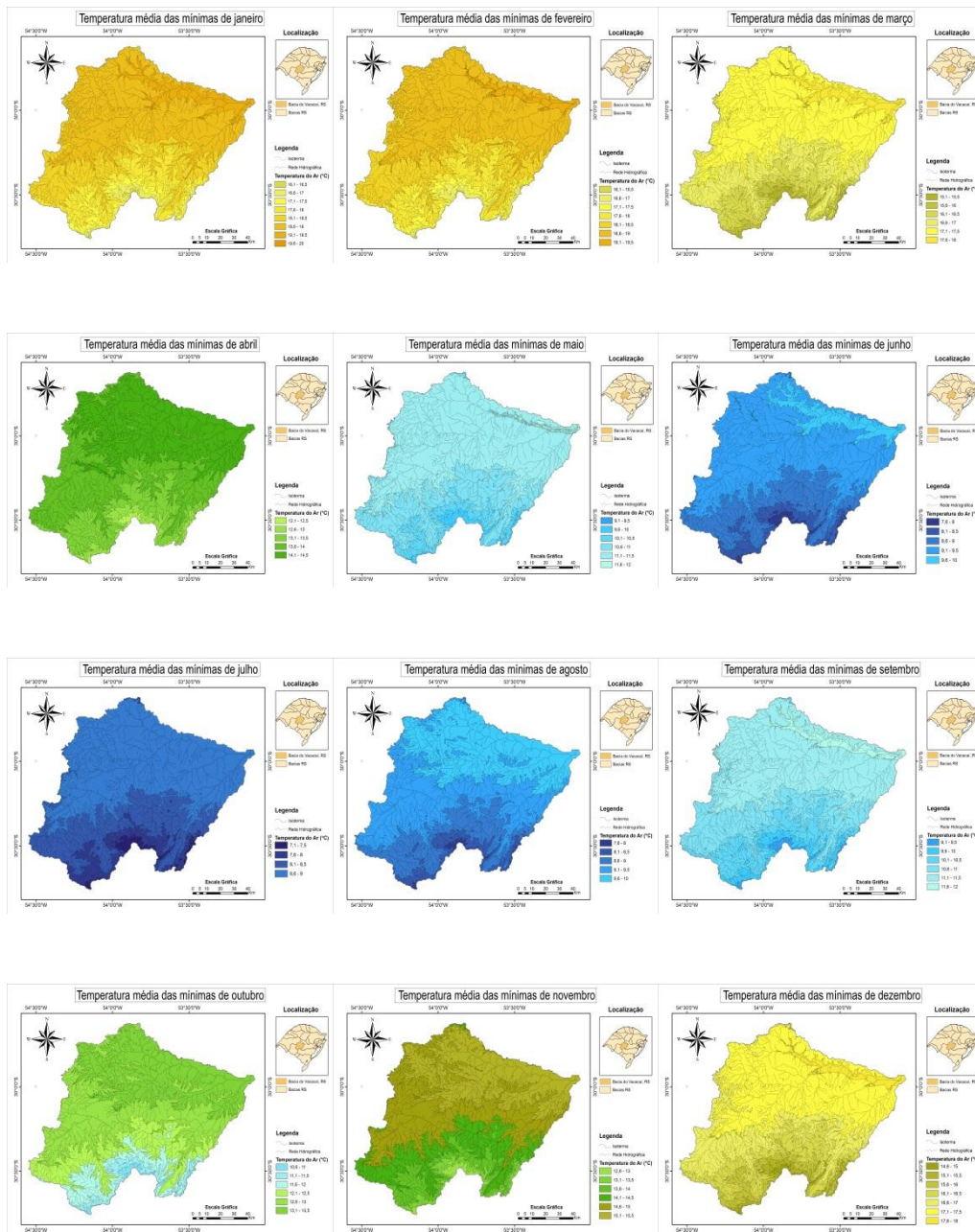


Figura 2. Representação espacial das temperaturas médias das mínimas nos diferentes meses do ano na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS.

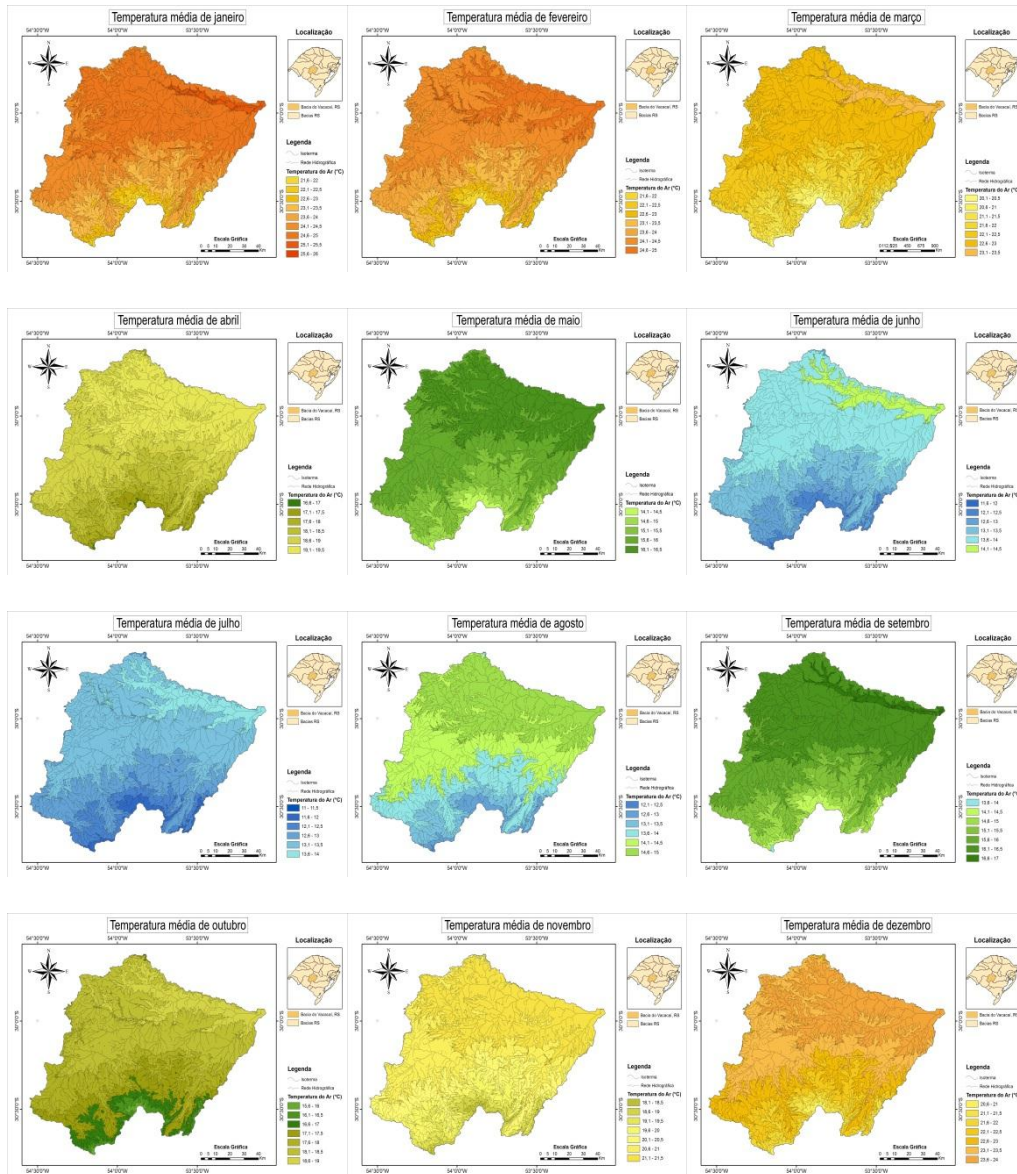


Figura 3. Representação espacial das temperaturas médias das médias nos diferentes meses do ano na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS.

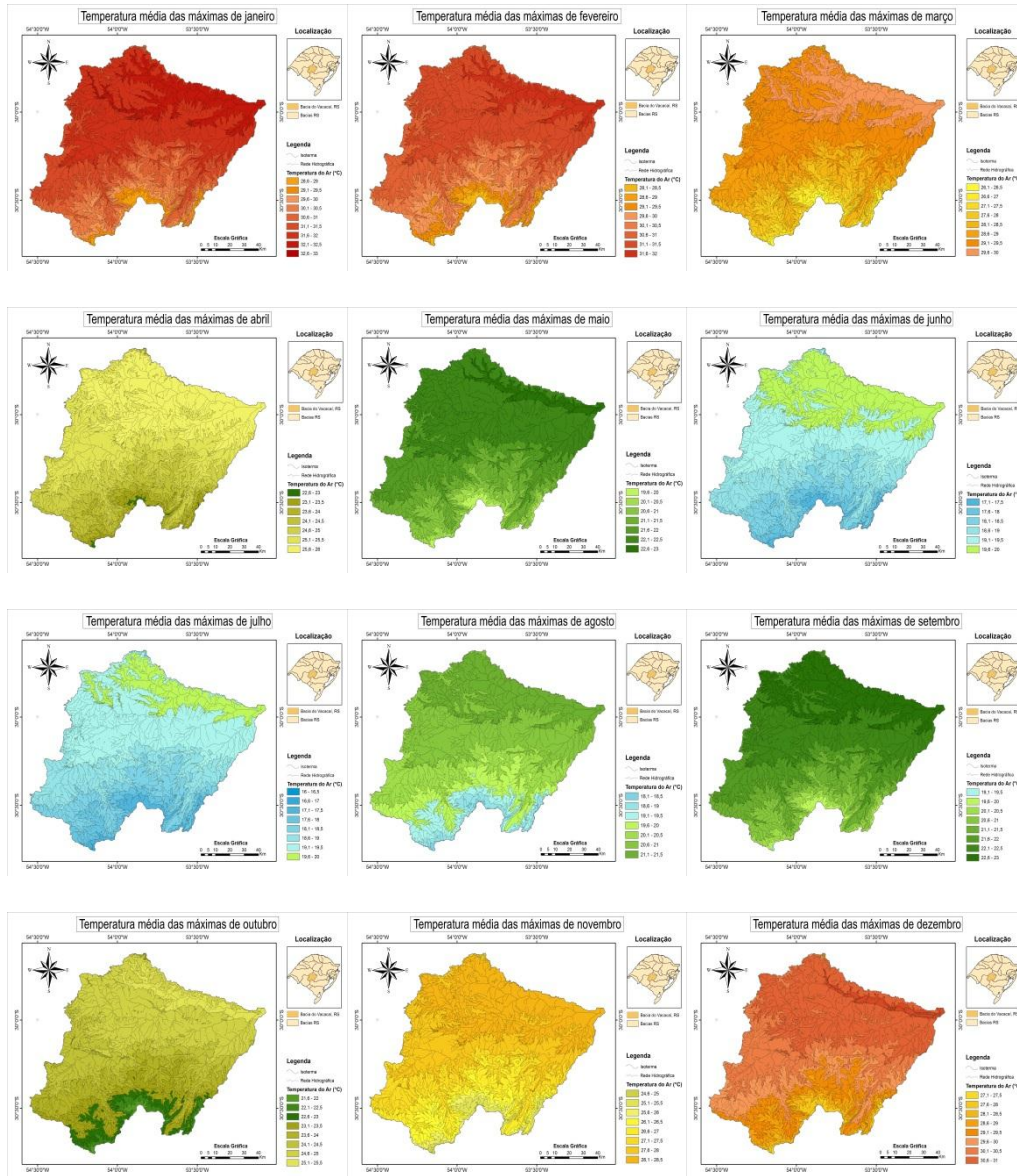


Figura 4. Representação espacial das temperaturas médias das máximas nos diferentes meses do ano na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí, RS.

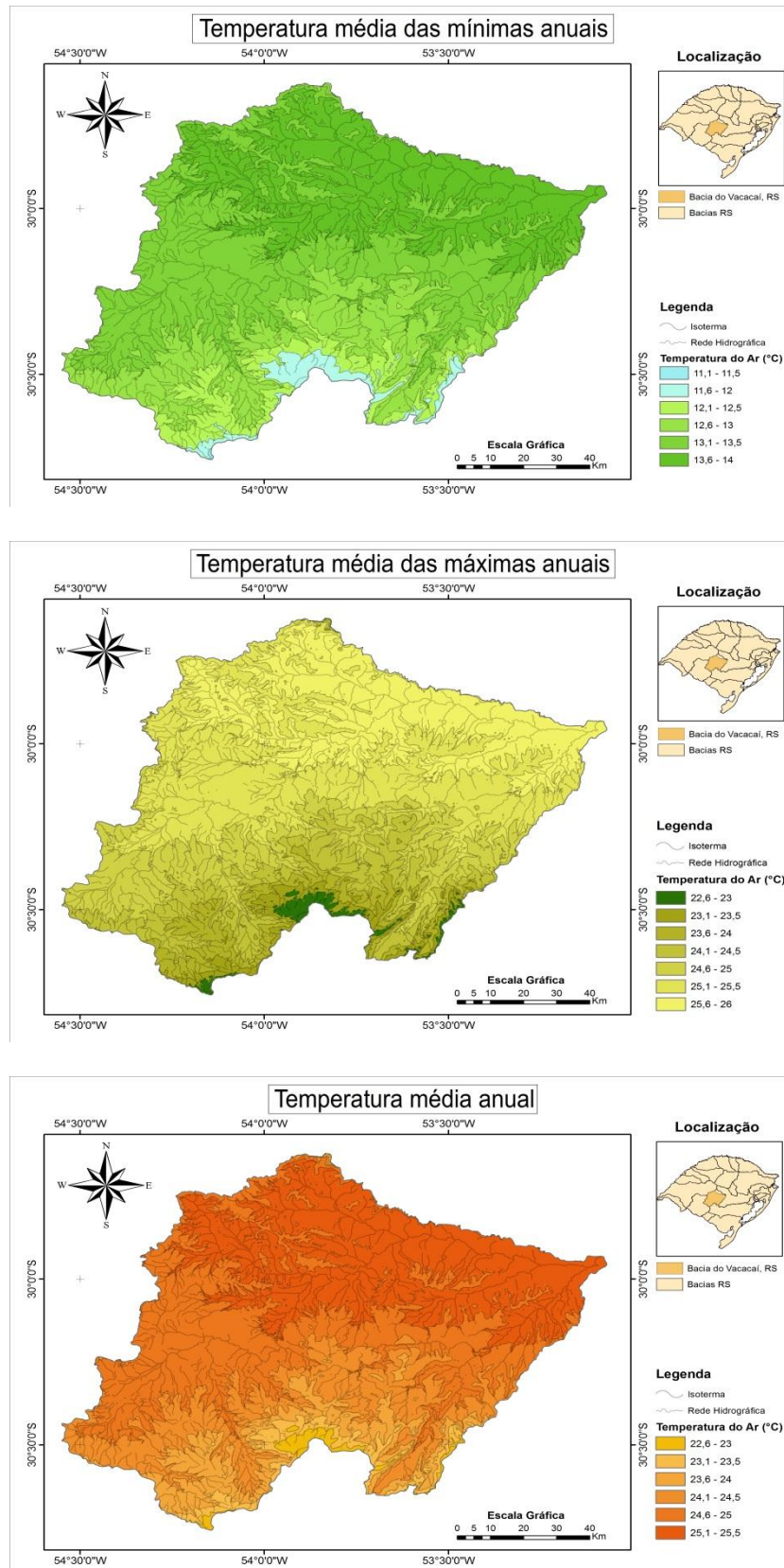


Figura 5. Representação espacial das temperaturas médias das mínimas, das médias das máximas e das médias das médias anuais na área da bacia hidrográfica do rio Vacacaí - RS.



Os resultados da variação espacial das temperaturas médias das máximas e médias das médias na área da bacia hidrográfica são similares àqueles das médias das mínimas: os valores mais elevados ocorrem na Depressão Central, principalmente, onde estão localizadas as áreas de menor altitude e os valores mais baixos, na Serra do Sudeste e no rebordo do Planalto, áreas de maior altitude. Em relação à distribuição temporal e à amplitude espacial: os menores valores ocorrem no mês de julho, aumentam gradativamente até o mês de janeiro, o mês mais quente do ano, e diminuem até atingir novamente os menores valores, no mês de julho e a amplitude térmica espacial, para cada mês, é maior nos meses mais quentes do ano.

Pelos resultados da distribuição espacial da temperatura do ar na bacia hidrográfica do Rio Vacacai, na Depressão Central, em função dos valores serem mais elevados, deduz-se que as condições para o crescimento vegetal são mais favoráveis, a demanda evaporativa é mais elevada e o desconforto térmico para os humanos e os animais é mais intenso do que nas áreas de maior altitude, como na Serra do Sudeste e no Rebordo do Planalto. Confrontado os resultados obtidos neste trabalho com aqueles da espacialização das temperaturas para todo o estado do Rio Grande do Sul (BURIOL et al.1979; INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989; WREGE et al.,2012), constata-se que, neste caso, foi possível delimitar pequenas áreas com diferentes temperaturas e traçar isotermas com maiores sinuosidades na delimitação dos fatores condicionantes da temperatura do ar.

A maior influência da altitude na variação espacial da temperatura do ar nos meses mais quentes do ano é consequência da diminuição, neste período, da ação dos centros de alta e baixa pressão atmosférica no estado. Assim, o condicionamento da altitude na variação da temperatura do ar é maior e a amplitude térmica espacial aumenta. Nos meses mais frios do ano a ação dos centros de alta e baixa pressão se intensifica, condicionando os elementos meteorológicos de maneira mais pronunciada e, em consequência, a influência da altitude na variação geográfica da temperatura diminui, reduzindo a amplitude térmica espacial (ARAUJO, 1930).

#### 4. CONCLUSÕES

Com as equações de regressão geradas para o estado do Rio Grande do Sul a partir da relação entre as temperaturas médias das médias, médias das máximas e médias das mínimas do ar e a altitude e latitude é possível determinar a variação espacial dessas temperaturas de uma área geográfica restrita como aquela da bacia hidrográfica do rio Vacacai, RS.

As diferenças de altitude condicionam importantes variações de temperatura do ar entre as distintas localidades na área da bacia hidrográfica do rio Vacacai, RS, principalmente nos meses mais quentes do ano. Desta forma, os valores médios mensais mais elevados ocorrem na Depressão Central e os menores na Serra do Sudeste e no Rebordo do Planalto.

#### REFERÊNCIAS

BURIOL, G. A. et al. Cartas mensais e anuais das temperaturas médias, das médias das temperaturas máximas e das médias das temperaturas mínimas do estado do Rio Grande do Sul. *Revista do Centro de Ciências Rurais*. Santa Maria, v. 9, Suplemento, p. 1-43, 1979.

BURIOL, G. A. et al. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 3, n. 1-4, p.131-150, 1973.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decenal do ar no estado do Rio Grande do Sul. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.41, n. 6, p. 893-901, 2006.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MALUF, J. R. T.; MATZENAUER, R. Coordenadas geográficas na estimativa das temperaturas máxima e média decenais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2448-2456, 2008.

ESTEFANEL, V. et al. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 3, n. 1-4, p.1-20, 1973.

FERREIRA, M. et al. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 1, n. 4, p. 31-52, 1971.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. *Atlas agroclimático do estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989. 102 p. (v.1).

MACHADO, F. P. *Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950.

PRÓ-GUAÍBA – *Região Hidrográfica do Guaíba: Nove bacias e suas características* Disponível em: < <http://www.proguaiba.rs.gov.br/bacias.htm>>. Acesso: 29 dez. 2011.

RS - Secretaria da Saúde e Meio Ambiente (SSMA). Portaria n.05/89 de 16 de Março de 1989. Aprova a Norma Técnica que dispõe sobre critérios e efluentes líquidos. *Diário Oficial*, Porto Alegre, 29 de março de 1989.

SEMA – *Secretaria Estadual do Meio Ambiente: Sistema Estadual de Recursos Hídricos*. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/sema/jsp/rechidro.jsp>>. Acesso: 20 de jul. 2014.

WREGE, M. S. et al. Radiação solar. In: MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. de *Atlas climático do estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/CEMETRS, 2012, p. 145-165. Disponível em: <[http://www.cemet.rs.gov.br/upload/201308161447268\\_radiacaosolar.pdf](http://www.cemet.rs.gov.br/upload/201308161447268_radiacaosolar.pdf)>. Acesso em: dia 9 de setembro de 2013

Texto submetido à RBClimate na data de 02/06/2014