

ISSN 0104-1347

Uso de Sistema de Informação Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo

The use of Geographical Information System to generate monthly mean temperature maps for São Paulo State, Brazil

Márcio de Morisson Valeriano¹ e Angélica Giarolla Picini²

Resumo - As funções de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) foram aplicadas à espacialização de modelos de temperatura, calculados através da latitude e da altitude, com vistas à geração de mapas. Foram analisados dados de 378 postos termo-pluviométricos do Estado de São Paulo. Seguindo a metodologia de estudos anteriores, foram obtidas equações de regressão múltipla para cálculo de temperaturas médias mensais. As análises foram feitas com os dados estratificados em duas regiões (Interior e Litoral), estabelecidas a partir de informações geomorfológicas, gerando-se dois conjuntos de equações. As duas equações de cada mês foram operadas espacialmente em Sistema de Informação Geográfica, com a entrada de imagens digitais de altimetria e de latitude. Os resultados mensais foram estruturados em duas imagens, de cada uma das quais a região apropriada foi isolada e ambas concatenadas, formando o todo. As análises de regressão mostraram que a temperatura esteve correlacionada às variáveis independentes, com melhores estimativas para a região do Interior. As regressões foram estatisticamente significativas para todos os casos. Apenas para os meses do verão, na região do Litoral, o efeito da latitude foi não-significativo, predominando, portanto, o efeito da altitude. Os coeficientes das equações de regressão apresentaram um padrão de variação contínuo ao longo do ano, indicando a possibilidade da utilização dos mesmos, interpolados, para a estimativa de temperaturas em períodos decendiais. Os mapas de temperaturas médias mensais foram obtidos com um programa de lote em Sistemas de Informação Geográfica, elaborado para a aplicação das equações e junção das regiões. Os métodos, bem como o programa, podem ser aplicados em escalas e áreas diferentes pelo Estado, podendo ainda ser adaptados ao mapeamento de temperaturas mínimas e máximas a partir de análises sobre os respectivos dados.

Palavras-chave: temperatura, regressão, altitude, latitude, cartografia digital, geoprocessamento.

Abstract - Geographical Information System (GIS) functions were applied to spatialize temperature models, calculated from elevation and latitude, to generate temperature maps. The analyses involved data from 378 pluviometric stations of São Paulo State. Following the methodology of previous studies, multiple regression equations were obtained to calculate monthly mean temperatures. Data for the analyses were stratified in two regions (Inland and Coastland), which were established from geomorphological information, producing two equation sets. Each pair of monthly equations was spatially operated in Geographical Information System, entering both elevation and latitude digital images. Monthly results were structured into two images, from which the proper region was detached and both joined together, in order to form the whole state. The regression analyses showed the temperature to be correlated to the independent variables, with best estimates for Inland. All regressions were statistically significant. Only for the summer months, in the Coastland region, latitude effect was non-significant, prevailing the elevation effect. The regression equations coefficients showed a continuous variation pattern throughout the year, indicating the feasibility of their use, once interpolated, for ten day periods. Monthly mean temperature maps were obtained through a batch job program of the Geographical Information System, designed to apply the equations and to join properly the two regions. The methods, as well as the program, can be applied under different scales and areas of the State, and even adapted for maximum and minimum temperature mapping, after analysing those data sets.

Key words: temperature, regression, elevation, latitude, digital cartography, geoprocessing.

¹Centro de Solos e Recursos Agroambientais - Instituto Agrônomo de Campinas – CSRA/IAC. Av. B. Itapura 1481, Cx. P. 28 CEP 13001-970, Campinas. valerian@barao.iac.br

²Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas Zeferino Vaz –FEAGRI/UNICAMP. Cx.P. 6011 CEP13083-970 Campinas. angelp@cec.iac.br

Introdução

A temperatura do ar, entre outras variáveis climáticas, é responsável por significativas variações de produtividade nas lavouras. A magnitude da resposta das culturas a esses elementos meteorológicos depende do estágio fenológico no qual a planta se encontra. O conhecimento dessas variáveis climáticas torna-se fundamental em estudos de planejamento agrícola e em análises de adaptação de culturas a determinadas regiões com características distintas.

Atualmente, no entanto, depara-se com uma situação praticamente comum a todo o Estado de São Paulo, que é a falta de dados meteorológicos em diversas regiões, principalmente naquelas onde ocorrem grandes lavouras, onde há maior necessidade de monitoramento das condições climáticas. A carência de dados dificulta também a avaliação da variabilidade espacial e temporal dos elementos, como chuva e temperatura do ar, em escalas regionais.

A temperatura do ar é um elemento que pode ser simulado, entre outras formas, por modelos que consideram apenas a latitude e a altitude do local. PINTO et al. (1972), COELHO et al. (1973), PEREIRA et al. (1973) e PINTO e ALFONSI (1974) estimaram a temperatura média mensal a partir de regressões múltiplas para os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro, respectivamente.

Mais recentemente, CAMARGO e GHIZZI (1991) apresentaram uma metodologia para a estimativa da temperatura média mensal para a região Sudeste do Brasil e, especificamente para o Estado de São Paulo, PEDRO JÚNIOR et al. (1991) desenvolveram modelos de simulação para a temperatura média mensal máximas e mínimas baseados em regressão múltipla, com exceção da região litorânea.

Os sistemas de informações geográficas (SIG) lidam com dados espaciais e tabulares, sendo ferramenta bastante útil em estudos de planejamento agrícola, principalmente em pesquisas que envolvem modelagem de variáveis numéricas com espacialização geográfica. Os trabalhos mencionados de estimativa da temperatura indicam a viabilidade da aplicação espacializada dos modelos desenvolvidos, que pode ser traduzida em operações matemáticas escalares e de sobreposição entre imagens (EASTMAN, 1995).

O presente estudo teve como objetivo desenvolver uma metodologia para aplicar funções de análise de SIG à obtenção da temperatura do ar, visando ao mapeamento desse elemento meteorológico a par-

tir de modelos de simulação. Foram avaliadas a distribuição e o número de amostras dos postos termopluiométricos, assim como a eficiência da operacionalização das funções do SIG para esse fim em todo o Estado de São Paulo. Posteriormente, foi verificado como os modelos se comportam diante dos diferentes compartimentos geomorfológicos do Estado. Foi estudada ainda a dinâmica dos estimadores de temperatura, buscando-se ampliar a aplicação dos modelos às estimativas decendiais.

Material e métodos

As estimativas de temperatura do ar para os postos termo-pluiométricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) foram elaboradas no Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) do Centro de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), para o projeto de "Regiões Agroecológicas para reorganização da cafeicultura no Estado de São Paulo", vinculado ao Programa PNP&D/Café.

Os dados de 378 postos termo-pluiométricos do DAEE (1962 a 1992), foram estruturados em arquivo de registros do tipo $x, y, z_1, z_2, \dots, z_n$, onde x, y são as coordenadas geográficas (latitude e longitude), z_1 a cota altimétrica e z_2-z_{13} as temperaturas médias mensais dos meses do ano.

Os dados meteorológicos foram separados em dois conjuntos, conforme a região geomorfológica considerada. O Estado foi dividido em duas regiões, dentro das quais se esperava uma uniformidade de resposta da temperatura média mensal em relação à altitude e à latitude. A primeira corresponde à Bacia Sedimentar do Paraná (unidade morfoestrutural), que abrange as unidades morfoesculturais Planalto Ocidental Paulista e Depressão Periférica. A segunda região engloba indistintamente as unidades morfoestruturais Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares Cenozóicas, abrangendo um número bem maior de unidades morfoesculturais (ROSS e MOROZ, 1997). Nesta região é esperado um efeito da continentalidade, de maneira diversa em relação à Bacia Sedimentar do Paraná, onde a temperatura do ar deve responder à altitude e latitude de maneira isolada. Além da proximidade com o oceano, a segunda região é caracterizada pelas suas particularidades orográficas, marcada pelas encostas íngremes a partir das Planícies Litorâneas, além do relevo extremamente acidentado do próprio Planalto Atlântico (serras da Mantiqueira, Bocaina e Vale do Paraíba).

O mapa de altimetria foi obtido por sensoriamento remoto, a partir da plataforma orbital RADARSAT-1, que emprega técnicas de interferometria por RADAR (Figura 1). A imagem de altimetria é formada pela leitura do sistema sensor em cada pixel, havendo interpolações somente como parte do pré-processamento para correção geométrica.

O sistema RADARSAT-1 fornece essa imagem com geo-referência global, o que significa haver a necessidade de mais correções geométricas quando trabalhadas em escala regional. A imagem disponibilizada apresenta resolução espacial de 0,0833° (dimensões em graus geográficos), e o corte feito para o Estado de São Paulo (grade de 1321 colunas por 841 linhas) foi referenciado através de rotina do SIG, com 19 pontos de controle e correção polinomial. Para a localização de pontos de controle, foi aplicada uma série de operações de derivação para evidenciar os canais de drenagem e os divisores de água. O limite entre as duas regiões estabelecidas foi digitalizado em SIG, formando-se uma imagem segmentada nas duas regiões, como pode ser visto sobreposto ao mapa de altitude utilizado. Os pontos de coleta (postos) foram sobrepostos a este mapa, a fim de se atribuir um identificador para cada registro do arquivo da totalidade das estações. Através deste identificador, os dados foram separados em dois arquivos para análises de regressão. Na primeira região, que será denominada aqui de *Interior*, estão localizadas 224 estações. Outras 154 estações localizam-se na região aqui referida por *Litoral* (Figura 2).

Seguindo a formulação apresentada por PEDRO JÚNIOR et al. (1991), os dados foram ajustados

de modo a se obterem equações de regressão múltipla do tipo:

$$y = a + bx + cx_1 \quad (1)$$

onde y é a temperatura média mensal (°C); a , b e c são os coeficientes da equação de regressão; x é a altitude (m) e x_1 é a latitude (min).

Cada conjunto foi analisado mês a mês, aplicando-se uma análise de regressão múltipla em relação aos dois fatores, latitude e altitude, conforme o fluxo geral de processamento apresentado na Figura 3. Os valores de altitude das estações aplicados nas análises de regressão foram extraídos diretamente dos arquivos de dados do DAEE. Para manter uniformidade com a metodologia apresentada por PEDRO JÚNIOR et al. (1991), as coordenadas de latitude foram transformadas de graus para minutos. Foram avaliados, além das equações de regressão encontradas, o coeficiente de determinação (r^2), a significância de cada fator das equações de ajuste, a significância da regressão em si e o erro padrão de estimativa.

Os mapas foram gerados aplicando-se o par de equações (litoral+interior) de cada mês sobre as imagens de altitude e latitude para formar, inicialmente, dois mapas. A parte útil de cada um foi isolada da outra, cujos valores foram anulados. Isoladas, as duas partes puderam então ser somadas (sem sobreposição), formando o território do Estado em uma única imagem, com as duas regiões calculadas conforme as respectivas equações. Embora os resultados tenham sido designados para a utilização direta dos valores de temperatura de forma contínua, sua visualização em mapa requereu a classificação em estratos de 2°C.

Resultados e discussão

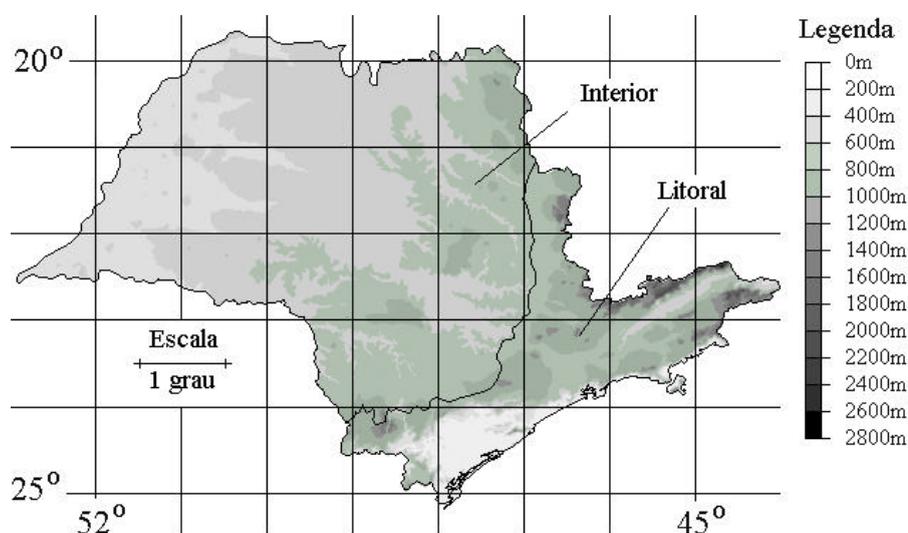


Figura 1 – Mapa de altitude do Estado de São Paulo, estratificado em classes de 200m, com a linha divisória entre as duas regiões estabelecidas, *Litoral* e *Interior*.

Plotando-se a altitude contra a latitude dos postos termo-pluviométricos, observa-se uma distribuição irregular das condições de coleta de dados, verificando-se que os postos localizados em baixa altitude concentram-se no sul do Estado (Figura 4). Verifica-se assim, por exemplo, que a planície litorânea, abaixo dos 200m de altitude, é representada por postos que ocupam, em grande maioria, o litoral sul, estando o litoral a norte de Santos pouco representado. Considerando a topografia do litoral, pode-se dizer que

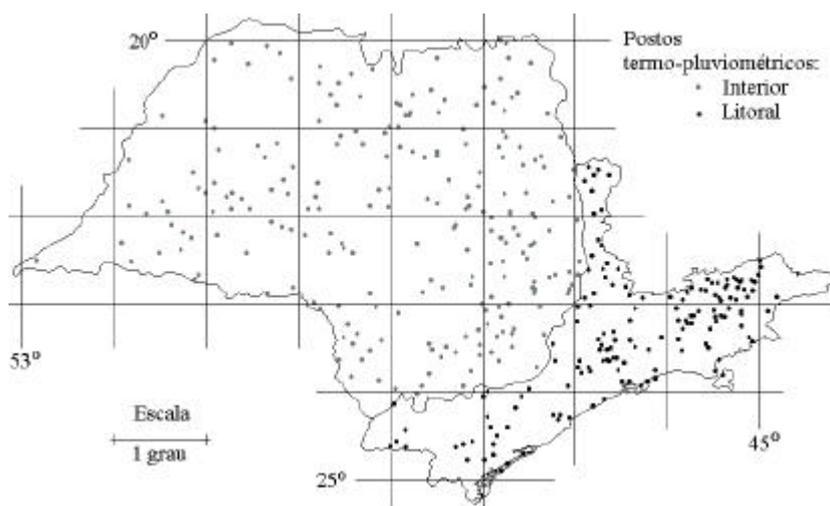


Figura 2 – Localização dos postos termo-pluviométricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) no Estado de São Paulo

isto ocorre naturalmente, uma vez que a altitude aumenta rapidamente em direção ao interior no litoral norte, havendo planícies mais largas no litoral sul. Por outro lado, os postos de extrema altitude correspondem à região da serra da Mantiqueira. Estas condições exercem influência sobre as equações obtidas, restringindo a validade dos resultados encontrados dentro dos intervalos combinados de latitude, altitude e temperatura do ar.

As equações de regressão múltipla da temperatura do ar em relação à latitude e à altitude foram obtidas em cada mês para as duas regiões consideradas, e estão representadas nas Tabelas 1 e 2, *Litorale*

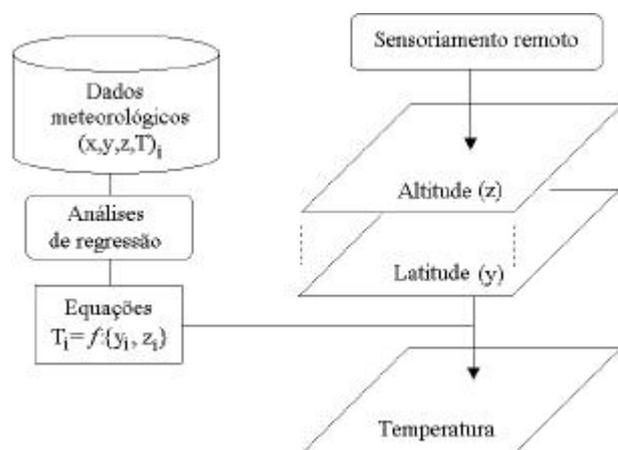


Figura 3 – Fluxo geral de processamento adotado para obtenção dos mapas de temperatura média mensal.

Interior, respectivamente. Junto a cada equação, estão registrados o erro padrão da estimativa (s) e o coeficiente de determinação (r^2). As significâncias dos estimadores das equações estão assinaladas nas mesmas, classificando-se a probabilidade de $Pr > t$ em 1% (**), 5% (*) e não significativo (ns). A sensibilidade dos modelos encontrados em relação a cada fator (altitude e latitude) pode ser indicada pelo módulo do coeficiente angular correspondente.

Observou-se que todas as regressões foram significativas a 1% de probabilidade, embora o coeficiente de determinação tivesse sido sistematicamente menor para a área do Litoral. Também para o Litoral, nos meses de verão, a influência da latitude foi não-significativa (janeiro a março) e significativa a 5% de probabilidade (dezembro). As entradas de massa de ar frio, que atuam na influência da latitude, diminuem durante os meses de verão. Dezembro, entretanto, ainda sofre esses efeitos, principalmente no sul da região litorânea. O erro padrão foi também sistematicamente maior nessa região. O desempenho inferior no *Litoral* pode ser explicado por um menor número de pontos submetidos à análise, porém deve-se considerar com maior importância o fato da área ter sido definida abrangendo unidades morfológicas diferentes. A área do *Interior*, como definida, compreendeu uma região mais uni-

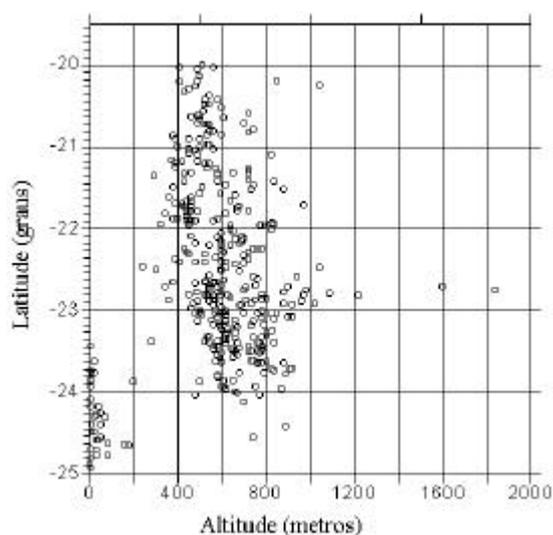


Figura 4 – Distribuição dos 378 postos do DAEE-SP pelas condições de latitude e altitude

Tabela 1 – Coeficientes do modelo utilizado para estimativa das médias de temperatura e avaliação de sua significância estatística pelos testes t e F e erro padrão - (I): área do *Interior*

Mês	Constante	Coeficiente angular da altitude	Coeficiente angular da latitude	Erro padrão (s)	Coeficiente de determinação (r ²)
jan	32,5**	- 0,00542**	- 0,00372**	0,4369	0,738**
fev	32,3**	- 0,00559**	- 0,00335**	0,4443	0,736**
mar	34,2**	- 0,00562**	- 0,00516**	0,4334	0,774**
abr	36,7**	- 0,00559**	- 0,00862**	0,4225	0,831**
mai	36,5**	- 0,00545**	- 0,01020**	0,4152	0,852**
jun	37,6**	- 0,00537**	- 0,01200**	0,4071	0,874**
jul	38,3**	- 0,00527**	- 0,01280**	0,4091	0,879**
ago	44,3**	- 0,00552**	- 0,01580**	0,4847	0,874**
set	48,1**	- 0,00523**	- 0,01760**	0,4516	0,899**
out	45,8**	- 0,00533**	- 0,01500**	0,4414	0,885**
nov	40,1**	- 0,00555**	- 0,01020**	0,4459	0,835**
dez	35,8**	- 0,00560**	- 0,00654**	0,5194	0,729**

** Significativo a 1%.

forme, sendo a temperatura, portanto, melhor correlacionada ao cálculo.

Os coeficientes de determinação das Tabelas 1 e 2 sugerem a conveniência de se dividir a área do *Litoral* em regiões uniformes. Entretanto, espera-se que os ganhos sejam compensados pelo menor número de postos por região, principalmente quando se considera que estão englobados o Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares Cenozóicas, em grande número de unidades morfoesculturais. Deve-se considerar também a complexidade orográfica, além da própria presença do oceano, por imprimirem componentes de variação na temperatura do ar independentes da latitude e altitude. Mais do que uma nova segmentação da área, estas características recomendam que se incluam outras variáveis, tais como ângulo de exposição e continentalidade, nas análises de regressão. Para o presente trabalho, a avaliação dos modelos para o *Litoral* pode ser consi-

derada satisfatória, dentro do contexto de zoneamento edafo-climático para a cultura do café, de âmbito estadual e que lhe deu origem.

Os coeficientes das duas áreas variaram de modo similar, com diferenças sistemáticas entre os coeficientes correspondentes (Figura 5). Apenas os coeficientes angulares da altitude apresentaram-se com padrões de variação relativamente diferentes para as duas áreas. Observou-se, também para este coeficiente, uma modificação abrupta de seus valores no mês de agosto. Assumindo-se uma continuidade temporal da variação destes coeficientes, o cálculo das médias decendiais de temperatura pode ser feito interpolando-se os coeficientes mensais, para cada dia central de decêndio (dia 5 ou 25 do mês).

Os traços verticais de grade centralizados nos nomes dos meses correspondem ao dia 15 de cada mês, ou seja, ao centro do 2º decêndio do mês. Os traços à esquerda e à direita correspondem, respecti-

Tabela 2 – Coeficientes do modelo utilizado para estimativa das médias de temperatura e avaliação de sua significância estatística pelos testes t e F e erro padrão - (II): área do *Litoral*

Mês	Constante	Coeficiente angular da altitude	Coeficiente angular da latitude	Erro padrão (s)	Coeficiente de determinação (r ²)
jan	31,6**	- 0,00539*	- 0,00291 ^{ns}	1,218	0,690**
fev	31,4**	- 0,00556**	- 0,00258 ^{ns}	1,247	0,695**
mar	33,1**	- 0,00552**	- 0,00425 ^{ns}	1,245	0,683**
abr	35,6**	- 0,00532**	- 0,00773**	1,207	0,659**
mai	35,3**	- 0,00517**	- 0,00936**	1,169	0,650**
jun	36,8**	- 0,00513**	- 0,01140**	1,163	0,637**
jul	37,4**	- 0,00512**	- 0,01200**	1,162	0,634**
ago	43,0**	- 0,00553**	- 0,01460**	1,258	0,625**
set	46,9**	- 0,00523**	- 0,01660**	1,198	0,610**
out	44,7**	- 0,00525**	- 0,01410**	1,191	0,625**
nov	39,2**	- 0,00550**	- 0,00941**	1,239	0,654**
dez	35,4**	- 0,00551**	- 0,00615*	1,241	0,673**

* Significativo a 5%. ** Significativo a 1%.

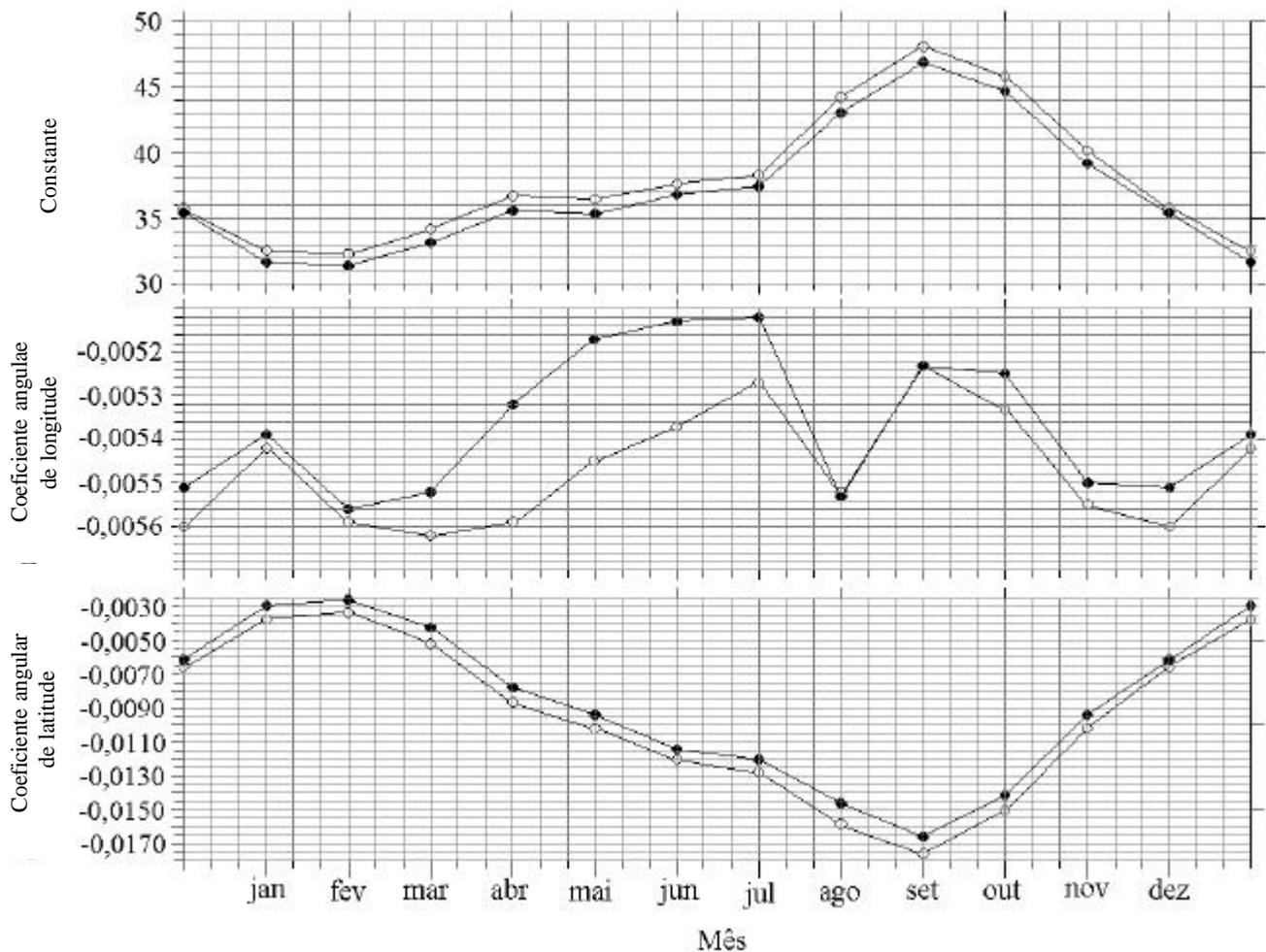


Figura 5 – Variação temporal dos coeficientes (coef.) de regressão para o cálculo das médias mensais de temperatura do ar nas regiões do Interior (●) e do Litoral (○).

vamente, aos dias 5 e 25 daquele mês (1^a e 3^a decêndio). Para o mapeamento da média de temperatura do ar do primeiro decêndio de maio, por exemplo, basta registrar os coeficientes encontrados graficamente no traço vertical de grade imediatamente à esquerda do ponto central daquele mês. Os três valores (dos coeficientes angulares e da constante, Equação 1) determinados são aplicados, através da formulação de PEDRO JÚNIOR et al. (1991), com operações matemáticas e de sobreposição sobre a imagem de altimetria disponível da área estudada.

Os mapas de temperaturas médias mensais do ar calculados em SIG estão apresentados na Figura 6. Uma vez que os procedimentos de cálculos (operação das equações de regressão sobre as imagens de latitude e altitude), corte (das regiões do *Litoral* e *Interior*) e sobreposição (integralização do Estado) foram repetidos para os 12 meses, um programa de lote (“*Idrisi macro language*”) foi elaborado, modificando-se apenas os coeficientes (6 ao todo) entre um

mês e outro. O programa executa 186 linhas de comando (18 das quais são apenas para limpar os arquivos desnecessários), as quais envolvem as operações de sobreposição e adição de imagens, bem como adição, subtração e multiplicação escalar de imagens. Este recurso permitiu o controle e a padronização das operações, além de possibilitar a repetição dos mapeamentos, caso seja necessário. Fazendo-se as mesmas análises com dados de temperaturas mínimas ou máximas, pode-se modificar os coeficientes no programa para realizar o mapeamento destas variáveis.

Os mapas mostraram um grande detalhamento geométrico, em conformidade com o detalhamento original do mapa de altitude utilizado. Isto significa que, em estudos que requeiram maior detalhamento espacial da temperatura, é necessário operar as equações sobre imagens de mapas topográficos igualmente detalhados. O programa desenvolvido pode ser aplicado sobre um conjunto correspondente de imagens (latitude e altitude) que tenham especificações geo-

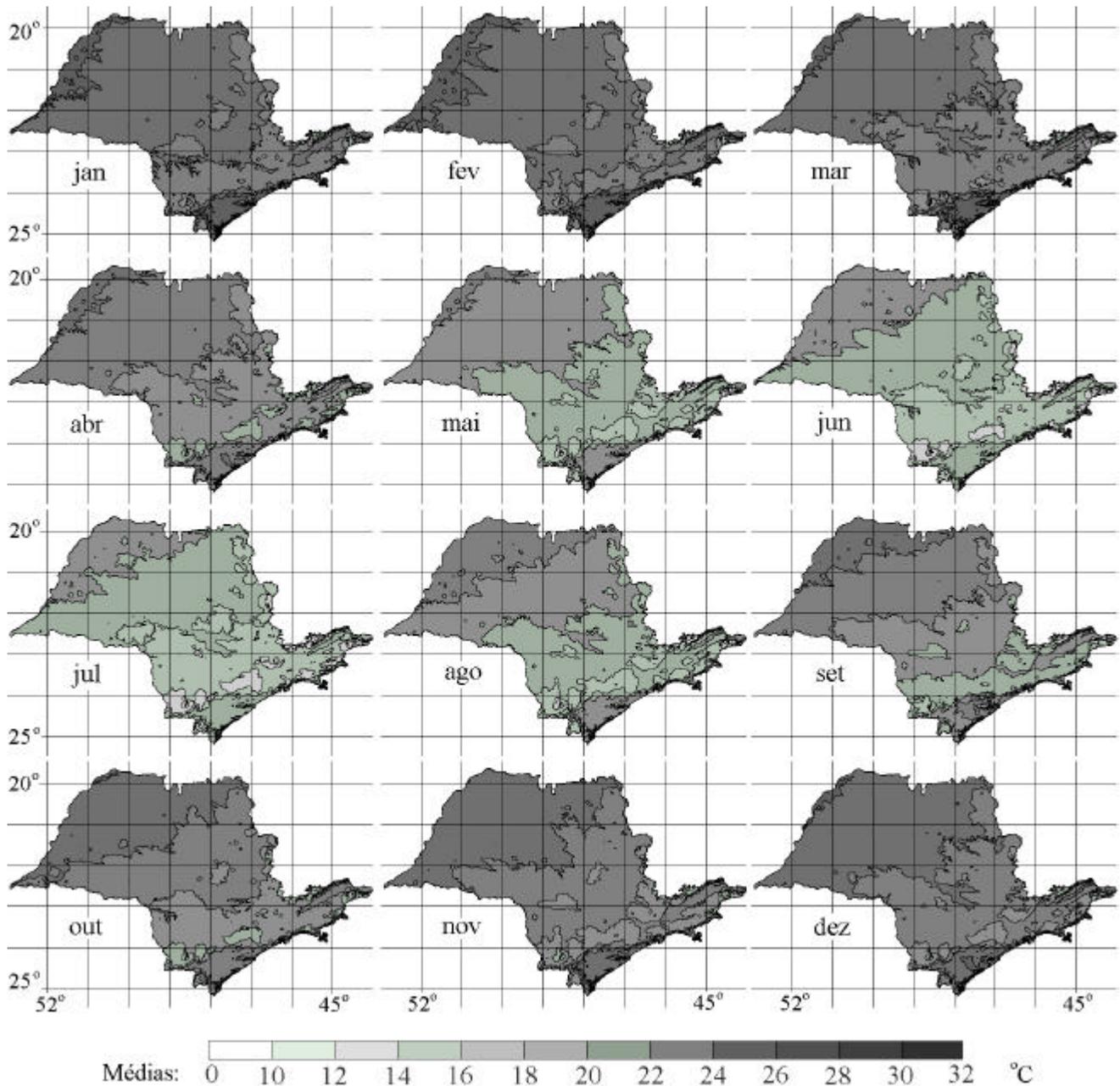


Figura 6 – Mapas de médias mensais de temperatura do ar, estratificados em classes de 2°C.

métricas (resolução, dimensões e posição) diferentes das operadas no presente trabalho.

Os mapas mostraram que a segmentação do Estado em duas áreas não causou um corte abrupto na variação da temperatura na linha divisória. Isto indica que as diferenças funcionais entre as equações de cada área resultaram em valores se-

melhantes em torno do limite, o que é desejável, embora se pudesse esperar uma evidência desta linha. As diferenças entre os coeficientes (Tabelas 1 e 2 e Figura 5) foram, de fato, pequenas, estando os coeficientes correspondentes de cada área proporcionalmente semelhantes.

Conclusões

Os resultados deste estudo permitem o estabelecimento das seguintes conclusões:

- 1) As séries de dados dos postos termo-pluviométricos do DAEE deram suporte ao desenvolvimento de modelos de temperaturas médias mensais por regressão múltipla para o Estado de São Paulo, na região da Bacia Sedimentar do Paraná, com coeficientes de determinação indicando que os resultados foram razoáveis. Para a região do *Litoral*, embora os coeficientes de determinação fossem menores, os resultados mostraram-se parecidos. Todas as regressões obtidas foram estatisticamente significativas.
- 2) Os coeficientes das equações mensais obtidas apresentaram continuidade do padrão temporal de variação, o que permite a interpolação dos mesmos para períodos decendiais. Esta técnica, de execução simples, corresponde a uma expressiva economia de trabalho de coleta e organização de dados, bem como de análises, ampliando a aplicabilidade dos resultados atingidos.
- 3) A aplicação dos modelos obtidos em sistemas de informação geográfica possibilitou a geração de mapas com riqueza geométrica de detalhes correspondente àquela do mapa de altimetria utilizado. A segmentação das análises em regiões homogêneas mostrou-se conveniente e não apresentou efeitos indesejáveis de compartimentação exagerada dos valores atingidos. A metodologia desenvolvida é operacionalmente interessante, e pode ser aplicada em qualquer região do Estado de São Paulo em mapeamentos de escalas diversas, dependendo unicamente das especificações do mapa de altimetria.
- 4) Os mesmos passos aqui praticados podem ser aplicados para a geração de mapas de temperatura mínima e máxima.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Eng. André Ricardo de Melo e Wander José Pallone Filho (FEAGRI/UNICAMP), respectivamente, pela decodificação e geo-referência da imagem de altitude; ao Dr. Jurandir Zullo Júnior (CEPAGRI/UNICAMP) pela captura e corte da imagem

RADARSAT-1; à Dr.^a Maria Helena de Almeida Mello e ao Dr. Marcelo Paes de Camargo (Ecofisiologia e Biofísica/IAC) pela estruturação do arquivo de dados meteorológicos e apoio nas discussões; ao Dr. Orivaldo Brunini (Ecofisiologia e Biofísica/IAC) pelo fornecimento dos dados meteorológicos; ao DAEE pela manutenção e operação dos postos de coleta; ao CNPq pela bolsa concedida à Dr.^a Angélica Giarola Picini. Este trabalho advém do projeto de pesquisa para o Zoneamento Edafo-Climático do Café no Estado de São Paulo.

Referências bibliográficas

- CAMARGO, A.P de, GHIZZI, S.M. **Estimativa de temperaturas médias mensais com base em cartas de temperatura potencial normal ao nível do mar para a região sudeste do Brasil.** Campinas : Instituto Agrônomo, 1991. 29 p. (Boletim Técnico, 141).
- COELHO, D.T., SEDIYAMA, G., VIEIRA, M. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais no Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 112, p. 455-459, 1973.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows – User's Guide.** Worcester, MA : Clark University, 1995. 440 p.
- PEDRO JÚNIOR, M.J., MELLO, M.H.A., ORTOLANI, A.A. et al. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo.** Campinas : Instituto Agrônomo, 1991. 11 p. (Boletim Técnico, 142).
- PEREIRA, A.R., ORTOLANI, A.A., PINTO, H.S. et al. Análise de regressão como subsídio ao desenvolvimento das cartas de isotermas e isoietas. **Revista Geográfica**, São Paulo, v. 78, p. 115-130, 1973.
- PINTO, H. S., ORTOLANI, A.A., ALFONSI, R.R. **Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função de altitude e latitude.** São Paulo : Universidade de São Paulo, 1972. 20 p. (Caderno de Ciências da Terra, 23).
- PINTO, H.S., ALFONSI, R.R. **Estimativas das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no Estado do Paraná, em função de altitude e latitude.** Piracicaba : Universidade de São Paulo, 1974. 20 p. (Caderno de Ciências da Terra, 52).
- ROSS, J.L.S., MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, SP : FFLCH/USP e IPT/FAPESP, 1997. 64 p. Mapas e Relatório.