

ISSN 0104-1347

Delimitação de zonas agroclimáticas no Estado do Espírito Santo

Delimitation of agroclimatic zones in the State of Espírito Santo, Brazil

José E. M. Pezzopane¹; Eduardo A. Santos²; Alexandre R. dos Santos³; Gilson F. da Silva¹; Edvaldo F. dos Reis⁴

Resumo: O presente estudo teve como objetivo caracterizar a disponibilidade hídrica e a condição térmica no Estado do Espírito Santo, baseando-se em balanço hídrico climático mensal e no total de graus-dia acumulados durante o ano visando à delimitação de zonas agroclimáticas. Para tal, foi calculada a deficiência hídrica para 71 postos pluviométricos no Estado do Espírito Santo e estados vizinhos. Os valores obtidos para cada posto pluviométrico foram interpolados gerando uma carta digital de deficiência hídrica no Estado. Paralelamente, através de equações matemáticas de estimativa da temperatura do ar média mensal e modelo digital de elevação, foi gerado um mapa com o total de graus dia acumulados durante o ano no Espírito Santo. As duas cartas foram então agrupadas estatisticamente, através de análise de agrupamento não hierárquico, dando origem a uma carta com delimitação de quatro zonas climáticas homogêneas para Estado do Espírito Santo, evidenciando a existência de grande diversidade climática no Estado. A análise de agrupamento foi uma ferramenta eficiente na delimitação de áreas climáticas homogêneas, fornecendo subsídios aos órgãos competentes, visando o uso racional dos recursos naturais, bem como a otimização dos investimentos.

Palavras chave: Caracterização climática, análise de agrupamento, geoprocessamento.

Abstract: The objective of this study was to characterize the water availability and thermal conditions in the State of Espírito Santo, Brazil, based on monthly climatic water balance and the total of degree days accumulated during the year. In order to do that, the water deficit was calculated for 71 pluviometric stations in the State of Espírito Santo and neighborhood. A water deficit digital map for the State was obtained based on the interpolation of water deficit values of each pluviometric station. A map with the monthly total of degree days accumulated in the State of Espírito Santo was obtained based on mathematical estimations of monthly mean air temperature and a digital model of altitude. Both maps were statistically grouped by no hierarchical cluster analysis, resulting in a map with the delimitation of four climatic homogeneous zones for State of Espírito Santo, indicating the great climatic diversity in the State. The cluster analysis was an efficient tool in the delimitation of climatic homogeneous areas, providing a support to the Government agencies, towards the rational use of the natural resources, as well as the optimization of the use of financial resources.

Key words: Climatic characterization, cluster analysis, geoprocessing

¹ Professor Adjunto, Depto. de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agrárias, UFES, Av. Carlos Lindemberg, s/n, Jerônimo Monteiro, ES, CEP 29550-000, email: jemp@cca.ufes.br

² Aluno de pós-graduação, Bolsista do CNPq, Department of Land Resource Science, University of Guelph

³ Professor Adjunto, Depto. de Geografia, CCHN/UFES, Vitória, ES

⁴ Professor Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, CCA/UFES, Alegre, ES

Introdução

A delimitação de áreas físicas homogêneas constitui eficiente ferramenta no planejamento do uso de recursos naturais e na otimização de investimentos. Assim, diversos estudos vêm sendo realizados para estabelecer classes ou categorias hierárquicas em áreas com grande heterogeneidade das condições ambientais, a fim de aumentar a compreensão sobre o meio físico. Entre aos componentes físicos-ecológicos que determinam a produtividade de uma área pode-se destacar o clima, a topografia, a geologia e o solo.

Dentre as classificações do meio físico destacam-se, pelo seu pioneirismo e abrangência, as classificações climáticas (ANDRADE, 1998). Entre as variáveis meteorológicas que determinam as características climáticas de uma região destacam-se, como mais importantes, a temperatura e a precipitação pluvial. Na realidade essas variáveis estão relacionadas a outras que afetam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A temperatura do ar, por exemplo, está diretamente relacionada com a energia disponível para processos de fundamental importância no crescimento das plantas, como é o caso da fotossíntese e da evapotranspiração. A precipitação, por outro lado, é quem fornece a água envolvida em tais processos. Todavia, não é possível afirmar que um local com maior precipitação não apresente deficiência hídrica, pois o consumo de água pelas comunidades vegetais, isto é, a evapotranspiração, pode ser elevada devido à alta disponibilidade energética. Assim, o balanço hídrico climático surge como ferramenta mais utilizada na determinação da disponibilidade hídrica de uma região (DOORENBOS & KASSAN, 1979). Trabalhos recentes desenvolvidos, por exemplo, por ALFONSI et al. (1997), CUNHA et al. (1998) e SANTOS et al. (2000), dentre outros, mostram que os resultados do balanço hídrico permitem determinar áreas aptas para plantio de uma determinada cultura agrícola, propor épocas de semeadura ou simular a perda de produtividade potencial devido ao não atendimento hídrico pelas chuvas.

A radiação solar é a variável climática que melhor caracteriza a disponibilidade energética para as plantas. Entretanto, como ainda é reduzido o número de estações que determinam esta variável,

as unidades térmicas são uma alternativa para realizar tal caracterização. Trabalhos realizados, por exemplo, por SENTELHAS et al. (1995), VILLA NOVA et al. (1999) e LEMOS et al. (1997) mostram que o uso de unidades térmicas possibilita a determinação do tamanho de ciclo e até da produtividade vegetal, sendo uma importante ferramenta no planejamento agrícola. Assim, a caracterização climática de uma região, realizada através da determinação da disponibilidade hídrica e da condição térmica, é de grande utilidade na tomada de decisões no setor agrícola, visando um manejo racional adequado dos recursos naturais.

O Estado do Espírito Santo apresenta grande diversidade climática. As localidades situadas na região norte geralmente apresentam valores mais elevados de deficiência hídrica que aquelas localizadas na região sudoeste do Estado (MARTINS et al., 1992). PEZZOPANE et al. (2004) observaram a ocorrência de valores mais elevados de temperatura do ar na região norte do Estado em relação à região serrana, ao sul do Espírito Santo. Na região norte, há predominância do cultivo de café conilon e de fruteiras tropicais como: mamão, maracujá e cacau, além de outras culturas tipicamente tropicais. Por sua vez, a região serrana apresenta temperaturas mais amenas, contribuindo para o cultivo do café arábica e para a prática da olericultura.

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma caracterização da disponibilidade hídrica e da condição térmica no Estado do Espírito Santo, baseada em balanço hídrico climático mensal e no total de graus-dia acumulado, realizando, inclusive, agrupamento estatístico de regiões com tipos climáticos homogêneos visando à delimitação de zonas agroclimáticas.

Material e Métodos

As etapas realizadas para a delimitação das zonas agroclimática no Espírito Santo estão representadas na Figura 1. Na caracterização da chuva no Estado foram utilizadas séries históricas (com 30 anos de dados) englobando um mesmo período (1969-98), coletadas em 71 de 104 postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) no Espírito Santo e vizinhança (Figura 2).

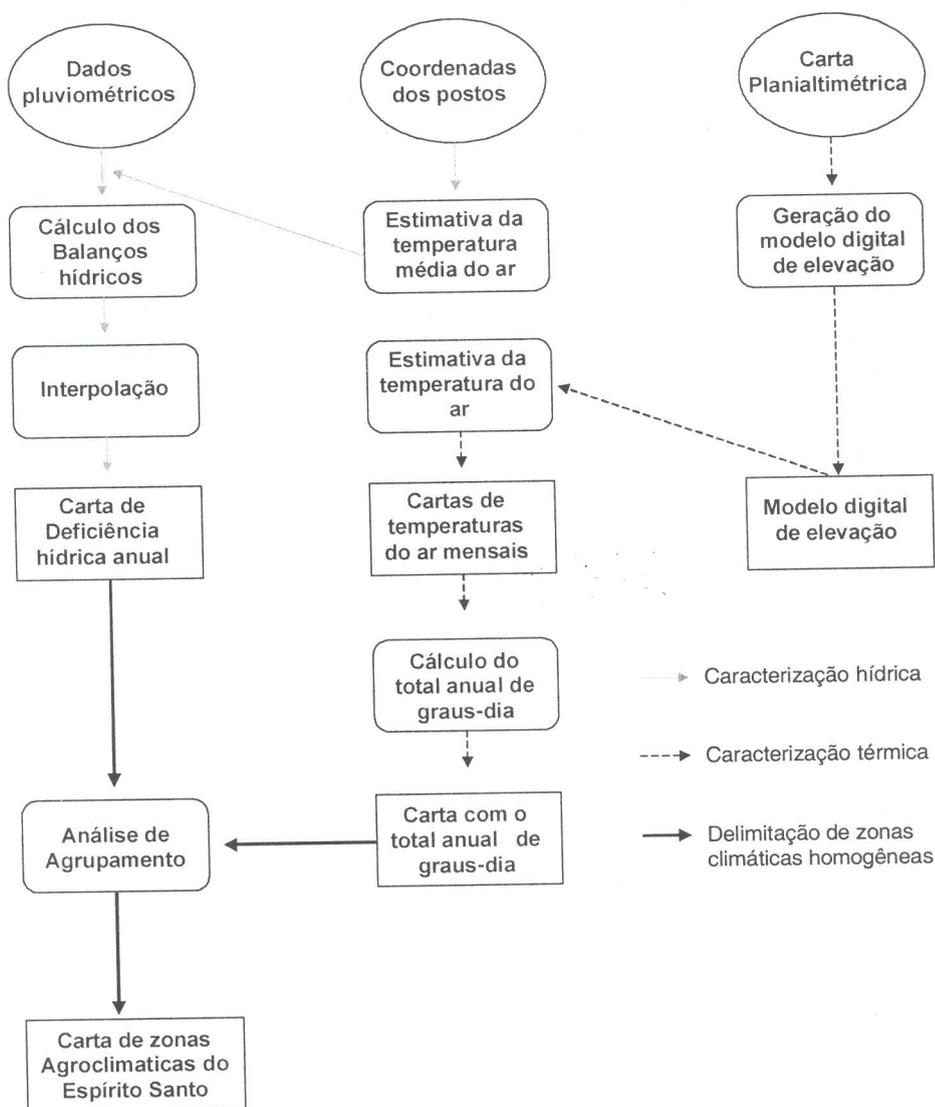


Figura 1. Fluxograma com as etapas realizadas para obtenção da carta de zonas agroclimáticas no Estado do Espírito Santo.

A inclusão de postos pluviométricos fora dos limites do Estado teve como objetivo eliminar o efeito de borda no processo de interpolação, sendo também utilizado por ACOSTA (1997), MOREIRA (1997) e ANDRADE (1998).

A disponibilidade hídrica foi determinada a partir do resultado de balanço hídrico climatológico normal, calculado em função dos dados de chuva e evapotranspiração mensais e, adotando-se uma CAD de 100 mm. A determinação dessa disponibilidade hídrica foi obtida pela razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial (ER/EP). A evapotranspiração potencial

foi calculada pelo modelo proposto por THORNTHWAITE & MATHER (1955), que é baseado na temperatura média do ar e radiação solar no topo da atmosfera. Como nos postos pluviométricos da ANA não são realizadas medidas de temperatura do ar, essa variável foi estimada em função da altitude e latitude do local, através dos modelos matemáticos desenvolvidos por PEZZOPANE et al. (2004).

Com o resultado do balanço hídrico em cada posto pluviométrico, foi realizada a interpolação (através do programa IDRISI, versão 32), permitindo assim, a elaboração da caracterização digital da

disponibilidade hídrica no Estado, em uma matriz do tipo raster com células com cerca de 2 x 2 Km.

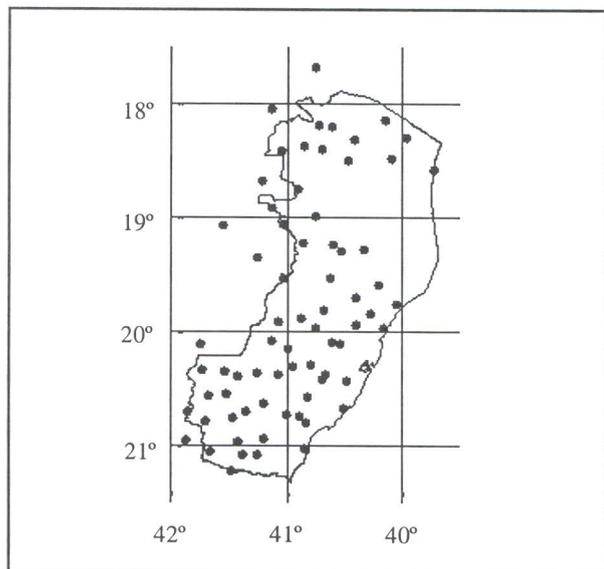


Figura 2. Distribuição dos postos pluviométricos da ANA (●) utilizados no estudo.

A interpolação dos dados foi realizada através do método do inverso da distância ponderada, descrito por WEI & MCGUINNESS (1993), por meio da seguinte fórmula:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^2}} \quad (1)$$

em que, Z = variável estimada; Z_i = valor da variável observada no local i; d_i = distância do local que terá o valor interpolado até o local i; e N = número de pontos de observação

Partindo de uma carta planialtimétrica do Estado do Espírito Santo, na escala 1:400.000, foi gerado um modelo digital de elevação sendo possível identificar as coordenadas geográficas de células com dimensões reais de 2 x 2 km, com seus respectivos valores de latitude e altitude. Através dos modelos de matemáticos, desenvolvidos por PEZZOPANE et al. (2004), foram calculadas as

temperaturas médias mensais do ar para cada célula da matriz, possibilitando, assim, a geração de cartas digitais da condição térmica em todo o Estado com o auxílio do modelo digital de elevação. Utilizando os valores mensais de temperatura do ar de cada célula da matriz, foi obtida uma carta digital com o total de graus dias acumulados durante o ano no Estado do Espírito Santo. Para tal usou-se a metodologia proposta por OMETTO (1981), adotando-se temperatura basal igual a 12 °C conforme sugerido por MAVI & TUPPER (2004).

Com o objetivo de formar áreas climáticas homogêneas foi realizada a análise de agrupamento utilizando-se informações climáticas de cada célula (pixel) do mapa disponível. As variáveis utilizadas para tal análise foram a deficiência hídrica climática, representada pela razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial (ER/EP), e o total de graus-dia acumulados durante o ano. A metodologia utilizada na análise de agrupamento foi a mesma adotada por MARTINS et al. (1992), ANDRADE (1998) e OLIVEIRA NETO (2000) que consistiu na técnica de agrupamento não-hierárquico, com o método convergente.

Resultados e Discussão

Os resultados permitiram confirmar a grande diversidade climática no Espírito Santo, que pode ser atribuída ao fato do Estado localizar-se numa zona de transição climática entre a região sudeste e a nordeste, possuir grandes variações em seu relevo, além de se encontrar próximo do oceano, estando os resultados de acordo com trabalho realizado por MARTINS et al. (1992) que dividiram o Estado em diversas regiões ecológicas, baseando-se em índices climáticos.

O balanço hídrico climático mensal mostrou que as localidades situadas no norte do Estado possuem, geralmente, uma maior deficiência hídrica, se comparadas às localidades situadas na porção central e sul do Espírito Santo como mostra a Figura 3, onde o município de Iúna representa a região sul e Pinheiros o norte do Estado. Os três locais com maior deficiência em água (Serraria, Itauninhas e Novo Brasil) apresentaram valor médio anual de 441 mm, isso pode ser devido ao fato que tais lugares serem quentes e secos. Já as três localidades mais úmidas (Matilde, Ibitirama e Santa Cruz do Caparaó)

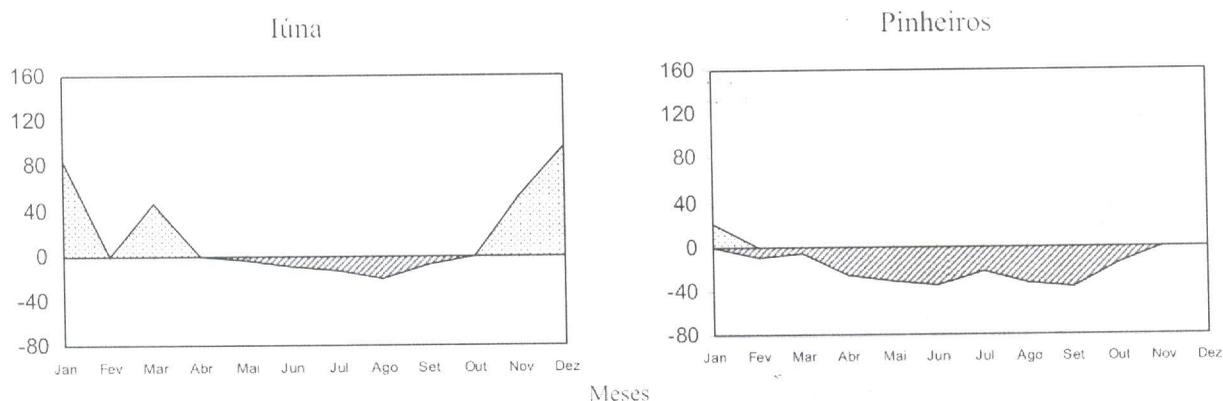


Figura 3. Extrato do balanço hídrico mensal evidenciando deficiência (□) e excedente hídricos (■) para localidades no sul (Ílúa) e norte (Pinheiros) do Estado do Espírito Santo.

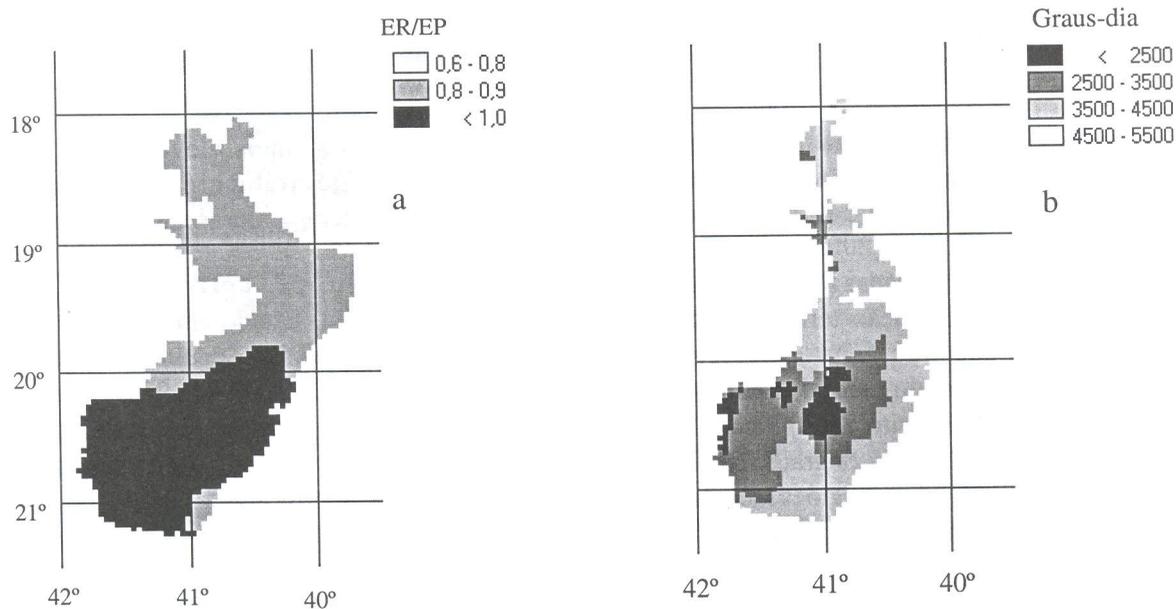


Figura 4. Espacialização da deficiência hídrica (ER/EP) e total de graus-dia acumulados durante o ano no o Estado do Espírito Santo.

apresentaram a média do excedente hídrico anual igual a 705 mm que ao contrário dos lugares deficientes em água, são frios e chuvosos.

A interpolação da deficiência hídrica mostrou ser um recurso eficiente para estimativa desta variável para locais desprovidos de postos pluviométricos (Figura 4a). No Espírito Santo a partir de 71 postos pluviométricos foi possível gerar

uma grade de 2880 células espaçadas 2 km entre si, onde 26, 38 e 36% da área do Estado a razão ER/EP apresenta valores médios de, respectivamente, 0,77; 0,84 e 0,96. Os valores estão coerentes com a realidade de campo, visto que a grande maioria dos empreendimentos agrícolas no norte do Estado necessita de complementação de água através de irrigação.

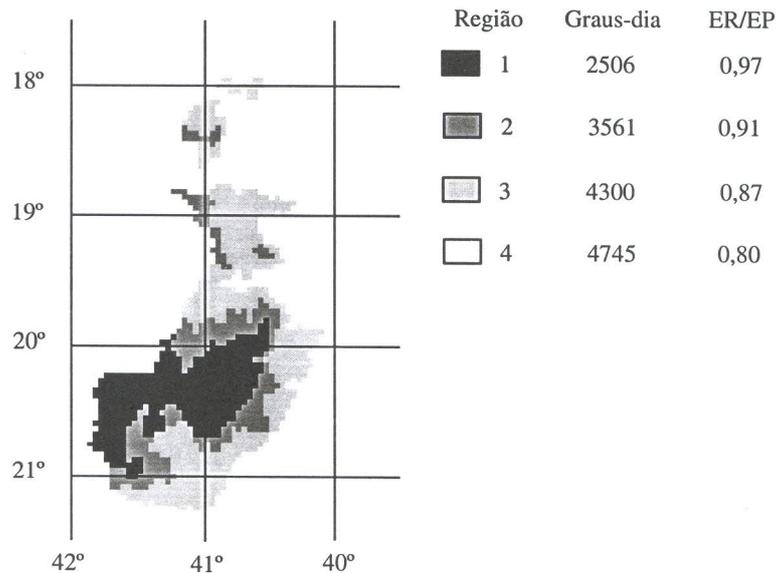


Figura 5. Regiões climáticas homogêneas do Espírito Santo, com os respectivos valores médios de graus-dia acumulados durante o ano e magnitude de deficiência hídrica média anual expressa por ER/EP.

A inclusão do fator relevo na espacialização da temperatura do ar gerou bons resultados, estando estes em concordância com trabalhos realizados por VALERIANO & PICINI (2000). Partindo das temperaturas médias estimadas foi possível realizar a caracterização da condição térmica do Estado, baseada no total anual de graus-dia (Figura 4b), obtido através do acúmulo mensal, mostrando que 5, 19, 32 e 44% do Espírito Santo acumulam em média 1914, 2906, 4155 e 4728 graus dia ao longo do ano. Observou-se que nas regiões localizadas na porção norte e litorânea apresentam maior acúmulo de graus-dia se comparadas à porção central e sul do Espírito Santo. Os locais que apresentam menor acúmulo anual coincidem com a região serrana central e Serra do Caparaó, onde estão localizadas as áreas cultivadas com fruteiras temperadas, olerícolas e café arábica. Esse resultado se deve ao fato destes locais apresentarem altas cotas de altitude. Por outro lado em regiões com maior acúmulo de graus-dia as cotas de altitude são mais baixas, onde são observadas pastagens e o cultivo do café conilon. Ainda em relação à cultura do café, SANTOS et al. (2000) ao elaborarem um zoneamento agroclimático para as culturas do café conilon e arábica na Bacia do Rio Itapemirim, sul do Espírito Santo, observaram que os municípios com maior produção da primeira espécie apresentavam baixa altitude e por consequência

temperaturas do ar mais elevadas. Já a maior produção de café arábica era proveniente de municípios com temperaturas mais amenas.

A análise de agrupamento dividiu, satisfatoriamente, o Estado em regiões climáticas homogêneas (Figura 5). Seguindo a metodologia proposta por ANDRADE (1998), optou-se em trabalhar com quatro regiões, pois com este número não se observou perda de informações e nem subdivisão excessiva da área. A região 1 ocupa 18% da área do Estado, correspondente a porção sudoeste do Espírito Santo, possui altitude média de 867 m, variando de 550 a 2500 m, representando assim a região serrana. Tal região caracteriza-se por possuir pequena deficiência hídrica em virtude de sua baixa temperatura média anual (18,8 °C) e precipitação anual elevada (1378 mm). A região 2, que possui 13% do total da área, representa as áreas que formam a bordadura da região 1 e de pequenas faixas no noroeste do Estado. Possui altitude variando de 300 a 800 m, com média igual a 461 m. A precipitação e temperatura média anuais são de respectivamente, 1292 mm e 21,7 °C. Esta região é caracterizada, principalmente, por ser uma área de transição entre as regiões 1 e 3.

A região 3 corresponde a 29% da área do Estado e ocupa a porção meridional do litoral e faixas

interioranas do norte do Estado. Possui altitude média igual a 193 m, variando, no entanto, de 0 a 1000 m. São registrados volumes anuais de precipitação iguais a 1245 mm. A temperatura média nesta região é de 23,7 °C. A região 4 totaliza 40% da área, sendo esta a maior região em extensão. É constituída por uma faixa que abrange o litoral norte do Estado e a zona dos tabuleiros, cuja altitude varia de 0 a 400 m, sendo a média igual a 122 m. Caracteriza-se por possuir deficiência hídrica maior que as demais regiões, fato atribuído à baixa precipitação anual (1157 mm) e a temperaturas elevadas, sendo sua temperatura média anual igual a 25,0 °C.

Os resultados obtidos no presente trabalho servirão de base, dentre outras coisas, para realização de zoneamentos agroclimáticos, que permitirão aos órgãos competentes um melhor planejamento do uso dos recursos naturais, assim como otimização dos investimentos. Outro aspecto importante, segundo ANDRADE (1998), é que através da delimitação de zonas climáticas homogêneas, é possível interpretar melhor os diferentes ecossistemas existentes. Assim, tendo em vista a grande diversidade natural do Espírito Santo este trabalho servirá, também, de subsídio para a elaboração de políticas de preservação ambiental.

Conclusões

A interpolação foi um eficiente recurso para estimativa das variáveis para locais onde estas não são medidas, possibilitando assim a geração de uma superfície contínua necessária para delimitação de áreas climáticas homogêneas.

A metodologia utilizada para delimitação de áreas climáticas homogêneas, através da análise de agrupamento, mostrou-se eficaz, estando os resultados de acordo com trabalhos realizados para o Estado.

O nível de detalhamento usado no presente estudo possibilitou uma melhor caracterização do clima da região se comparado com os zoneamentos climáticos tradicionais.

Agradecimentos

À Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER) pela cessão dos dados meteorológicos.

Referências Bibliográficas

- ACOSTA, V. H. **Classificação ecológica do território brasileiro situado ao Sul do paralelo 24° S – uma abordagem climática.** 1997. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- ALFONSI, R. R., VICTORIA FILHO, R., SENTELHAS, P.C. Época de semeadura para a cultura do milho no Estado de São Paulo, baseadas na probabilidade de atendimento hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.43-49, 1997.
- ANDRADE L. A. **Classificação ecológica do território brasileiro situado a leste do meridiano de 44° oeste e ao norte do paralelo de 16° sul: uma abordagem climática.** 1998. 147p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- CUNHA, G. R. et al. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6 n.1 p.111-119, 1998.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. **Yield response to water.** Roma: FAO, 1979. 193p. (Irrigation and Drainage Paper 33).
- LEMOS FILHO, J.P., VILLANOVA, N.A., PINTO, H.S. A model including photoperiod in degree days for estimating Hevea bud growth. **International Journal of Biometeorology**, n.41 v.1 p.1-4, 1997.
- MARTINS, S. V. et al. Classificação ecológica do Estado do Espírito Santo baseada em condições climáticas. **Revista árvore**, Viçosa, v.16, n.3, p. 272-286, 1992.
- MAVI, H. S., TUPPER, G. J. **Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture.** New York: Food products press, 2004. 364 p.
- MOREIRA, I. P. S. **Classificação ecológica do território brasileiro situado entre 16 e 24° de latitude Sul e 39° 51' de longitude Oeste.** 1997. 156p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

NIMER, E. Descrição, análise e interpretação conceitual do sistema de classificação de climas de C. W. Thorntwaite. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.39, n.1, p. 87-1109, 1977.

OLIVEIRA NETO, S. N. de. **Classificação ecológica do território brasileiro localizado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste: uma abordagem climática**. 2000. 109p. Dissertação (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. Ceres: São Paulo, 1981. 425p.

PEZZOPANE, J. E. M., et al. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, n.1 v.12 p.151-158, 2004.

SANTOS, A.R. et al. Zoneamento Agroclimático para a cultura do café conilon (*Coffea canephora*) e arábica (*Coffea arabica*) na Bacia do Itapemirim, ES, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, n.8 v.1 p.19-37, 2000.

SENTELHAS, P. C. et al. Zoneamento climático da época de maturação do abacate no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, n.3 v.1 p.133-140, 1995.

THORNTWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology, 8, Centerton, New Jersey, 1955.

VALERIANO, M. M., PICINI, A. G. Uso de sistema de informação geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.255-262, 2000.

VILLANOVA, N.A. et al. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, n.7 v.1 p.75-79, 1999.

WEI, E. C., MCGUINNESS, J. L. **Reciprocal distance square method: a computer technique for estimating areal precipitation**. Illinois: U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service, 1993. 30p.