

Análise Multivariada de Fatores Climáticos no Estado do Espírito Santo
Parte II: Definição de Sítios Ambientais

André Quintão de Almeida¹
Yhasmin Gabriel Paiva¹
Gilberto Chohaku Sedyama¹
Aristides Ribeiro¹
José Eduardo Macedo Pezzopane²

¹ Universidade Federal de Viçosa — DEA/UFV
Av. P.H. Holsfs - Departamento de Engenharia Agrícola – 36570-000 – Viçosa – MG, Brasil.
{andre.almeida, ribeiro, sediyama}@ufv.br, yhasmin@hotmail.com

² Centro de Ciências Agrárias / Universidade Federal do Espírito Santo – CCA/UFES
Alto Universitário, Caixa Postal 16 - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil.
jemp@npd.ufes.br

Abstract: Studies on homogenous areas delimitation are used as establishment strategies of specific areas for a certain kind of exploration. These areas, called environmental sites in this work, are defined in relation to physical (climate, soil and relief), biological and socioeconomic (presence of humans and activities developed by them) characteristics of a certain area. The scope of this work was to define homogenous areas (environmental sites) in Espírito Santo State, Brazil. The topographic variables used were extracted from the Digital Model of Elevation (DME), *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). The climatic data used were taken from scores of two first factors of the factorial analysis performed in the first part of this study. Cluster analysis was performed in order to classify the data into homogenous groups. Later it was verified the consistency of the established groups by means of statistics analysis of discrimination. From the 9 pre-defined sites, some were statically homogenous, and 6 of them were reestablished. The determined sites show distinctive climate and relief patterns, revealing that multivariate statistics is an efficient tool for delimitating homogenous areas. Spatial distribution of the sites corroborates with the current homogenous areas where agricultural and forest species are produced, indicating that it is a good method for analysis.

Palavras-chave: cluster analysis, Espírito Santo, sensoriamento remoto, análise de cluster, Espírito Santo

1. Introdução

O Estado do Espírito Santo (ES) vem apresentando um acelerado crescimento econômico nas últimas décadas. A taxa anual de crescimento real do Produto Interno Bruto (PIB) capixaba é de aproximadamente 3,6% ao ano, valor acima da média nacional (3%). O setor primário, em especial a agropecuária e a silvicultura têm contribuições consideráveis nessa conjuntura, primeiro e quarto lugares respectivamente. Merecem destaque o cultivo de café e a indústria de celulose. Deve-se a isso as favoráveis características físico-climáticas, juntamente com sua boa localização geográfica e adequada infra-estrutura de transporte marítimo, ferroviário e rodoviário.

Entretanto, a contribuição do setor primário no PIB interno capixaba pode ainda ser maior. Por apresentar uma grande diversidade de ambientes, o Estado pode ampliar o número de espécies (agrícolas e florestais) cultivadas. Cada qual distribuída em regiões físico-climáticas específicas onde suas produções são potencializadas. Atenção deve ser dada também aquelas áreas onde nenhum tipo de exploração intensiva deve ser realizado. Áreas essas, destinadas a proteção dos recursos naturais, como parques ecológicos, reservas particulares, entre outros. Como estratégias de estabelecimento de regiões específicas para um determinado tipo de exploração, têm os estudos de delimitação de regiões homogenias.

Essas regiões, chamadas nesse trabalho como sítios ambientais, são definidas em função das características físicas (clima, solo, relevo), biológicas (fauna, flora) e socioeconômicas (presença e atividades desenvolvidas pelo homem) de uma determinada região. Considerando sua escala espacial, podem ser classificados em continental, inter-regional, regional e local (Polzer et al., 1996). Cada zona tem uma combinação similar de limitações e potencialidades para o uso das terras, e serve como ponto de referência das recomendações delineadas para melhorar a situação existente do uso do solo, seja incrementando a produção ou limitando a degradação dos recursos naturais (Mladenoff et al., 1995). De acordo com a sua importância ecológica, essas podem ser de proteção ambiental, de uso para agricultura ou destinadas para habitação (Johnson *et al.*, 1991).

Baseado no clima e na fisiografia, Albert et al. (1986) realizaram uma classificação ecológica para o Estado de Michigan, USA. Baseado na fertilidade do solo, Ortega e Santibáñez (2007) determinaram zonas de manejo para o cultivo de milho (*Zea mays* L) na região central do Chile. Integrando informações do clima, fisiografia e solo, Pezzopane et al. (2007) realizaram a definição de sítios florestais na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, sul do Estado do ES. Lyra et al. (2006) determinaram regiões homogêneas para o Estado do Táchira, Venezuela, baseadas na sazonalidade da precipitação pluvial mensal e na distribuição de probabilidade.

Em comum todos os estudos focalizam a metodologia em um determinado tipo de análise de agrupamento. Estudos recentes buscam usar em conjunto diferentes tipos de análise de agrupamento em informações de variadas fontes, como estações meteorológicas, dados de sensoriamento remoto, entre outras.

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo definir regiões homogêneas (sítios ambientais) para o Estado do ES, Brasil, a partir de dados de clima e relevo.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o estado Espírito Santo. Situado entre as coordenadas de -17°52' e -21°17' de latitude e -41°54' e -39°38' de longitude, perfazendo uma área de 46077,519 km² (Figura 1). Limita-se com o Estado da Bahia a Norte, com o Oceano Atlântico a Leste, Rio de Janeiro a Sul e Minas Gerais a Oeste. É formado por setenta e oito unidades administrativas.

Segundo RADAMBRASIL (1983) apresenta três regiões distintas: Litorânea; Tabuleiros; e região Elevada do Interior. São definidas pelos fatores físicos atuantes. A área enquadra-se nas zonas climáticas A e C (classificação de Köppen) sendo encontrado os subtipos climáticos Aw, Am, Cf e Cw.

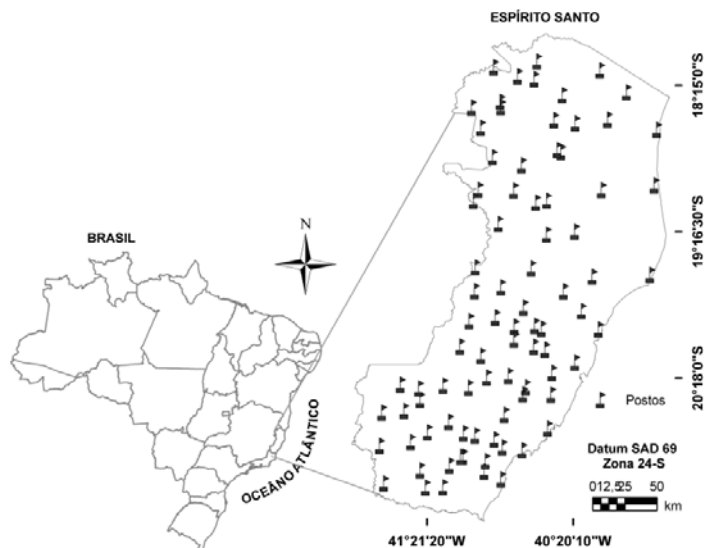


Figura 1 –Estado do Espírito Santo e Localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

2.2 Informações do terreno

Com o auxílio de um SIG, uma malha digital de 1 km X 1 km foi criada para todo o território Capixaba. Igual escala de mapeamento foi utilizada por Metzger et al., (2005) para classificar em grupos ambientais a Europa.

As variáveis topográficas utilizadas foram extraídas do Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizados pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) no endereço <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>. A partir do MDE, os valores de declividade e faces de exposição do terreno foram calculados.

2.3 Informações climáticas

Os dados climáticos utilizados foram obtidos a partir dos scores dos dois primeiros fatores da análise fatorial realizada na primeira parte deste trabalho. Foi verificado que estes explicam cerca de 85,3% da variância total acumulada.

As variáveis presentes nesta análise foram: Precipitação, Temperatura Média, Amplitude Térmica, Evapotranspiração Real e Potencial, Déficit e Excedente Hídrico, Fotoperíodo nos solstício de Inverno e de Verão.

2.4 Análise de agrupamento (*cluster*)

Nesse estudo, as variáveis utilizadas na análise de agrupamento foram os dois escores provenientes da ACP, além das características topográficas do terreno, altitude, declividade, face de exposição, latitude e longitude geográficas.

Para zonar o ES em sítios ambientais, foi utilizada a análise de *cluster* (agrupamento), classificando-os em grupos homogêneos. O método utilizado foi o *K-means cluster*, baseado na distância de Mahalanobis, tendo como critério de agregação das respostas, o critério centróide (Wilks, 2006). A equação 3 que segue mostra a estatística do método.

$$D = \sum_{k=1}^k \sum_{xi \in Ck} d(X_i, X_{0k}) , \quad (3)$$

onde X_{0k} é o centróide do *cluster* C_k e $d(X_i, X_{0k})$ é a distancia entre os pontos X_i e X_{0k} .

Segundo Mimmack, (2000), para se trabalhar com a distância de Mahalanobis basta realizar a padronização dos dados (altitude, declividade, etc.), ou seja, média 0 e variância

igual a 1. A padronização das variáveis foi feita através do quociente entre a diferença do valor observado e sua respectiva média, pelo desvio-padrão encontrado para a variável em questão, como segue abaixo:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i}, \quad (4)$$

em que,

Z_{ij} = observação padronizada da j -ésima repetição da i -ésima variável;

X_{ij} = valor observado da j -ésima repetição da i -ésima variável;

\bar{X}_i = média da variável i ;

S_i = desvio padrão da variável i .

O número inicial de zonas delimitadas a partir de aspectos físicos foi 9.

2.5 Análise discriminante

Após análise de agrupamento foi verificada a consistência dos grupos estabelecidos. Foi utilizada a técnica multivariada da análise estatística discriminante para realocar em outros *clusters* as células da grade que foram agrupadas erroneamente a partir dos testes. Foram testados o teste F e o de Wilks para medir a significância estatística da análise discriminante

3. Resultados e Discussões

3.1 Caracterização do Estado

As unidades administrativas do ES, temperatura média do ar (°C), precipitação total anual média (mm), altitude (m), declividade (%) e face de exposição são apresentadas na Figura 2.

O Estado do ES varia de 17 a 21° de Latitude Sul. Climaticamente é caracterizado pela transição entre climas quentes das latitudes baixas e climas mesotérmicos das latitudes médias (Nimer, 1989). Os valores de temperatura média calculados são apresentados na Figura 2, b.

As variáveis topográficas também influenciam na temperatura. No ES o fator topográfico com maior variação é a altitude, aumentando seus valores do litoral para o interior do Estado (Figura 2, d). Na porção Sul Capixaba, encontra-se o terceiro maior cume do Brasil, o Pico da Bandeira, com 2891 metros de altitude.

A precipitação total anual média dada pelos postos pluviométricos apresentou máxima de 1800 e mínima de 870 mm (Figura 2, c). No estudo de delimitação de regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil (Filho et al., 2005), os extremos de precipitação encontrados para o ES foram de 1500 a 2000 mm, classificando-o como de clima Litorâneo Úmido.

É caracterizado por forte variação no relevo, indo do plano, região litorânea, ao montanhoso, interior do Estado (Figura 2, e). Possui faces de exposição do terreno nas oito direções cardiais. Em destaque da Figura 2, f, uma grande área plana localizada na região Nordeste do Estado.

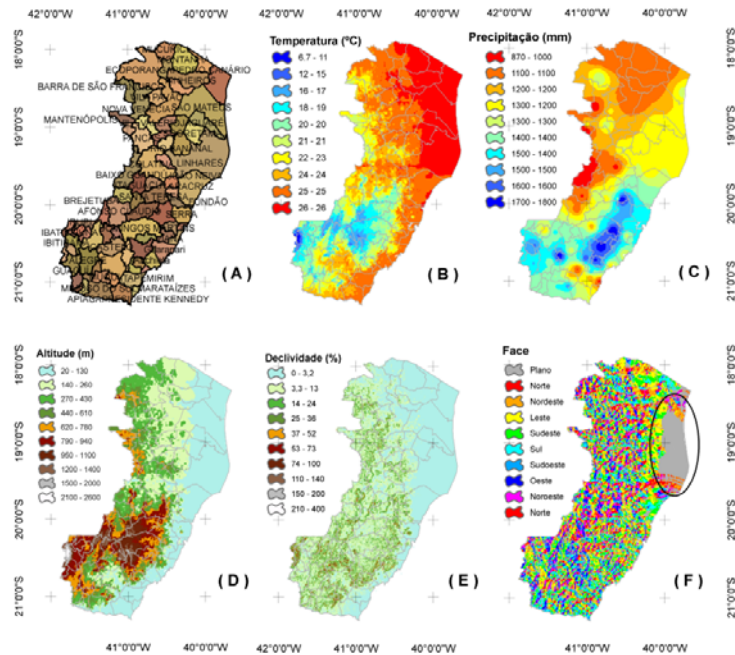


Figura 2 – Unidades administrativas do ES (a). Mapas de temperatura média (b), precipitação total anual (c), altitude (d), declividade (e) e face de exposição do terreno (f).

3.3 Análise de agrupamento

A Figura 3 apresenta os valores médios normalizados dos escores e atributos físicos analisados. O valor médio de cada atributo para seus respectivos *clusters* serve também para identificar quais desses foram os mais importantes na sua definição. Tem-se que para o *cluster 9* a declividade foi determinante, apresentando valores bem diferentes dos demais sítios. A latitude geográfica apresentou resultado satisfatório na definição das zonas, com valores médios bem distribuídos e com um “delta” considerável, aproximadamente 2,5.

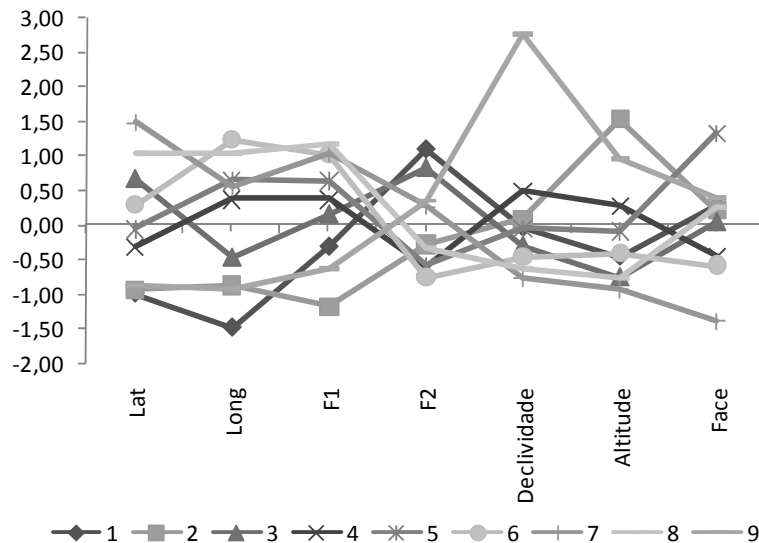


Figura 3 - Valores médios das variáveis físicas analisadas por um dos nove sítios.

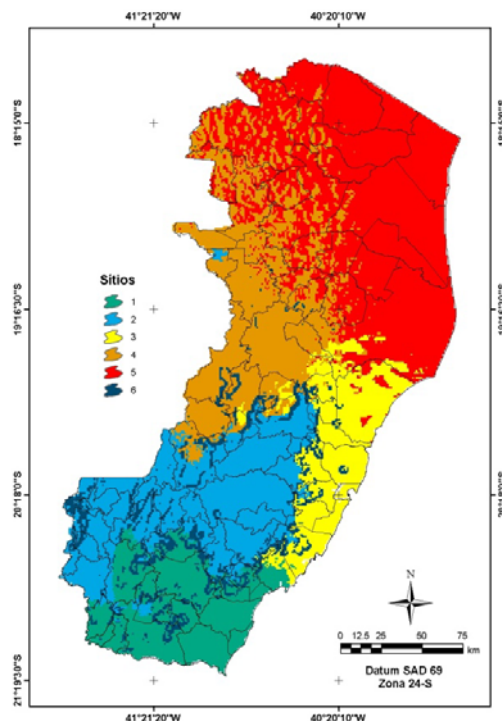


Figura 5 – Sítios ambientais definidos para o Estado do Espírito Santo.

3.3 Análise discriminante

A Tabela 4 mostra os valores para a estatística de Wilks'. Todos aproximam-se de zero, confirmando o sucesso da discriminação. A estatística "F" também corrobora os resultados da análise, apresentando elevados valores, o que indica haver diferenças significativas entre as médias, possibilitando assim a hipótese nula de que as observações derivam de uma mesma observação.

Tabela 4 – Valores da estatística do teste "F" e do Wilks' Lambda

	Wilks' Lambda	F (8,46265)
Escore 1	0,006	3323,25
Escore 2	0,004	789,78
Altitude	0,005	2090,72
Declividade	0,005	988,24
Face de exposição	0,009	7224,77
Longitude	0,005	1130,75
Latitude	0,007	5043,59

4. Conclusões

- Os sítios delimitados apresentaram padrões distintos de clima e relevo mostrando que a estatística multivariada é uma ferramenta eficiente na delimitação de áreas homogêneas;
- A distribuição espacial dos sítios corrobora com regiões homogêneas de produções atuais de espécies agrícolas e florestais, indicando ser uma boa metodologia de análise.
- Este trabalho possui grande importância no auxílio de estratégias ambientais no setor público e privado, auxiliando produtores rurais no conhecimento da aptidão ambiental.

5. Referências

- Albert, D. A.; Denton, S. A.; Barners, B. V. **Regional landscape ecosystems of Michigan**. School of Natural Resources, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA, 1986.
- Filho, T.K.; Assad, E.D.; Lima, P.R.S.R. **Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.40, p.311-322, 2005.
- Johnson, L. B.; Host, G. E.; Jordan, J. K.; Rogers, L. L. Use of GIS for landscape design in natural resources management: habitat assessment and management for female black bear. **IN...**: Proceedinh of GIS/LIS'91, 28 october-1 November, Atlanta, Georgia, USA.
- Lyra G. B.; Garcia, B. I. L.; Piedade, S. M. De S., Sediyaama, G. C.; Sentelhas, P. C.. Regiões homogêneas e funções de distribuição de probabilidade da precipitação pluvial no Estado de Táchira, Venezuela. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.2, p.205-215, fev. 2006
- Metzger, M. J.; Bunce, R. G. H.; Jongman, R. H. G.; Múcher, C. A.; Watkins, J. W. A climatic stratification of the environment of europe. **Global Ecology and Biogeography**, v. 14, p. 549–563, 2005.
- Mladenoff, D. J.; Sickely, T. A.; Haight, R. G.; Wydeven, A. P. A landscape analysis and prediction of favorable gray wolf habitat in the northern Great Lakes region. **Conservation Biology**, n. 9, p. 279-294, 1995.
- Mimmack, G.M.; Mason, S.J.; Galpin, J.S. Choice of distance in cluster analysis: defining regions. **Journal of climate**, v.14, p.2790-2797, 2000.
- Nimer, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989. 421p.
- Ortega, R.A., Santibanez, O.A.titulo **Computers and Electronics in Agriculture** 58 (2007) 49–59
- Ortolani, A. A. Fatores climáticos condicionantes da produção de látex da Seringueira. **I Ciclo de Palestras sobre a Heveicultura Paulista**, Barretos-SP, 10 a 11 de Novembro, 1998.
- Pezzopane, J.E.M. ; Paiva, Y. G. ; Silva, K. R. ; Santos, E. A. ; Almeida, A.Q. ; Xavier, A.C. ; Cecilio, R.A. . Use of environmental stratification in the study of Atlantic Forest fragmentation in a hydrographic basin in southeastern Brazil. **In:** Forests and remote sensing: methods and operational tools. In: Forests and remote sensing: methods and operational tools, 2007, Montpellier. Cemagref, 2007
- Polzer, P.L.; Host, G. E.; Mladenoff, D. J.; White, M. A.; Crow, T. R. A quantitative approach developing regional ecosystem classifications. **Ecological applications**, n. 6, v. 2, p. 608-618, 1996.
- RADAMBRASIL, PROJETO. **Folhas SF.23/24: Rio de Janeiro/Vitória**. V. 32. 6 maspas. Rio de Janeiro, 1983. 780p.
- WILKS, D.S. **Statical methods in the atmospheric sciences**. Academic press is an imprint of Elsevier. p.627, 2006.