

## Delimitação das Ecorregiões da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço - MG

Eric Oliveira Pereira<sup>1</sup>  
Bernardo Machado Gontijo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/ IGC  
Caixa Postal 31270-901 - Belo Horizonte - Minas Gerais.  
ericpereiraufmg@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade de Federal de Minas Gerais – UFMG/ IGC  
Caixa Postal 31270-901- Belo Horizonte - Minas Gerais.  
gontijob@yahoo.com.br

**Abstract.** This work has been realized with the goal of mapping the Ecoregions of the Biosphere Reserve of Serra do Espinhaço (Brazilian acronym: RBSE) by using the Geographical Information Systems (GIS). The region in matter is placed inside the territory of Minas Gerais state. The RBSE was proposed by the Brazilian Committee of the Man and the Biosphere Programme (MAB) and recognized by UNESCO on June 27, 2005. To make the division into ecoregions – which are areas that are relatively homogeneous by their inside and share similar ecological characteristics – information about geology, pedology, vegetation and climatic factors (temperature and relative humidity) were used. All this information has been undergoing map algebra using Raster format data, what resulted in the product of this work: the Map of the Ecoregions of the Biosphere Reserve of Serra do Espinhaço. To do so, ArcGIS 9.3 software was used, which enabled the treatment of the cartographical bases as well as the crossing information of these bases with the Raster Calculator tool. Besides, the software was used to elaborate the final map of the RBSE's Ecoregions. Finally, eight Ecoregions were identified, which were analyzed by their prevailing ecological factors in order to understand the ecological relationships present in each region.

**Palavras-chave:** geographical information system, spatial analysis, Biogeography, map algebra, sistema de informações geográficas, análise espacial, Biogeografia, álgebra de mapas.

### 1. Introdução

O presente artigo é fruto de um trabalho de conclusão de curso do próprio autor, desenvolvido durante o ano de 2011 e apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

A Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE) está inserida no território de Minas Gerais, abrange 53 municípios do estado e possui grande extensão latitudinal, como pode ser visto na figura 1.

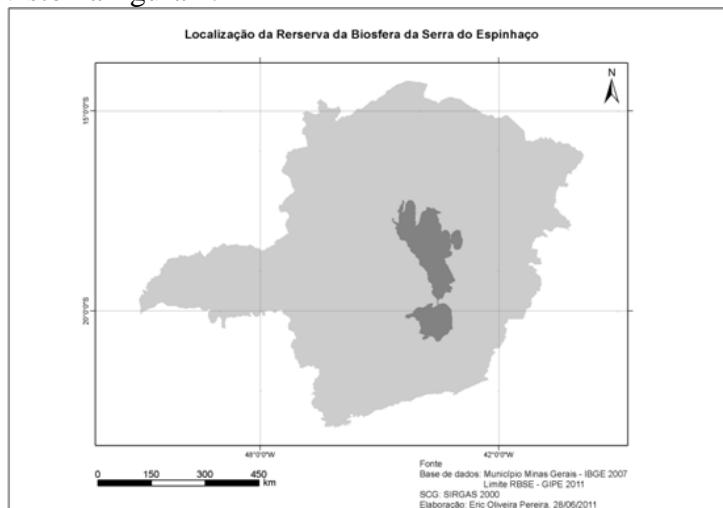


Figura 1: Mapa de localização RBSE.

A Reserva foi implementada em 2005 pela UNESCO a partir da proposição da Comissão Brasileira para o Programa MaB<sup>1</sup> (COBRAMAB) e teve sua justificativa de criação a partir de sua importância como um grande divisor de águas do Brasil Central, por ter espécies de fauna e flora endêmicas e por ser uma das maiores formações de campos rupestres do Brasil. Além disso, a região abrangida pela Serra do Espinhaço é considerada uma das regiões mais ricas e diversas do mundo. A extensão da área – mais de três milhões de hectares – e sua importância biológica, geomorfológica e histórica também justificam a adoção de medidas urgentes para a conservação de todo o complexo.

Na intenção de fornecer subsídios para a conservação desta região, surge a proposta de dividir a RBSE em Ecorregiões. As Ecorregiões são áreas relativamente homogêneas as quais possuem condições ambientais semelhantes (OMERNIK, 1995). Para que essas áreas sejam delimitadas, é interessante reunir fatores ambientais, de modo a propor áreas que sejam homogêneas em seu interior e distintas das áreas de suas adjacências.

Para fazer esse tipo de trabalho, existem metodologias, tratadas como tradicionais, em que uma série de especialistas das mais diversas áreas que envolvem os fatores ambientais são reunidos e delimitam as possíveis áreas homogêneas manualmente de modo a agrupar aquelas que possuem características ecológicas semelhantes. Contudo, este tipo de trabalho dispense um grande esforço por parte daqueles que o fazem. Trabalhos já foram realizados em nível global pela organização não governamental WWF e em nível nacional pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), como a escala de detalhe era pequena, os quais foram possíveis, mesmo sem o uso de técnicas computacionais que automatizassem o processo. Seguindo alguns trabalhos, como o de Ximenes (2009), que utilizou uma técnica conhecida como *Self-Organization Maps* (SOM) ou mapas autoorganizáveis para automatizar a delimitação de Ecorregiões para o interflúvio madeira-purus, surgiu a vontade de fazer algo semelhante para a RBSE. Ximenes (2009) em seu trabalho utilizou cinco variáveis que foram altitude, declividade, densidade de drenagem, distância geográfica (latitude) e vegetação.

A metodologia desenvolvida por Ximenes (2009), porém, é de grande complexidade, por isso a solução para a aplicação na RBSE foi a criação de uma metodologia mais simplificada, que fosse de mais fácil entendimento para o nível da pesquisa. Sendo assim, uma metodologia própria foi desenvolvida. O uso de técnicas de Geoprocessamento vem a contribuir no sentido de facilitar a delimitação das regiões sem, contudo, desprezar o conhecimento de especialistas da área. Tais profissionais, aqui denominados especialistas, são pessoas que conhecem a região e podem contribuir para que o processo, mais automatizado de identificação, seja validado ou até mesmo para que um esforço inicial, com a escolha e ponderação das variáveis seja possível.

Assim sendo, o objetivo principal deste trabalho foi delimitar as Ecorregiões da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. Para isso, foi desenvolvida uma metodologia própria que proporcionou a delimitação dessas áreas. Posteriormente, as Ecorregiões mapeadas foram analisadas, a fim de identificar as características ecogeográficas predominantes em cada uma delas diferenciando-as entre si.

## 2. Metodologia do Trabalho

A metodologia desenvolvida pode ser dividida em etapas. Inicialmente foi um levantamento bibliográfico referente ao conceito de Ecorregiões e da aplicação das geotecnologias em sua delimitação. A partir disso foi possível identificar quais seriam as variáveis mais interessantes para atender ao objetivo do trabalho. Uma vez definidas as bases

<sup>1</sup> Man and the Biosphere: programa criado pela UNESCO, a partir da Conferência sobre a Biosfera em Paris, em 1968.

cartográficas, foi necessário compilar as informações, isso foi feito com a ajuda de professores, que indicaram as bases cartográficas que julgavam ser as mais atuais e precisas. Obtidas as bases foi necessário fazer tratamentos, tais como, conversão do formato *vector* para *raster*, reprojeção dos dados para o mesmo sistema de coordenadas, enquadramento das bases no recorte espacial da área de estudo, entre outros. Por fim, foi desenvolvida uma álgebra de mapas simples, para que os dados fossem, então, relacionados de modo a gerar o resultado pretendido, que foi o mapa das Ecorregiões da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço.

Durante a revisão bibliográfica, feita em artigos e livros encontrados em sítios da internet e bibliotecas, foi possível ter uma orientação sobre quais as informações são necessárias para a delimitação das Ecorregiões. Neste trabalho as bases cartográficas escolhidas foram litologia, pedologia, vegetação, temperatura e umidade relativa, sendo as duas últimas variáveis representativas do clima.

A base de vegetação foi obtida junto ao Zoneamento Ecológico Econômico do estado de Minas Gerais (ZEE-MG) de 2008, com resolução espacial de 30 metros. Já a base pedológica foi extraída do trabalho realizado pela Fundação de Meio Ambiente (FEAM) em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV), tal levantamento possui uma escala de 1:650.000 e foi publicado em 2011. Os dados geológicos, na escala de 1:100.000, são oriundos de levantamentos sistemáticos realizados pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais do Brasil (CPRM). Por fim, os dados referentes ao clima, foram extraídos do ZEE-MG e são fruto de uma interpolação dos dados climáticos coletadas nas estações meteorológicas distribuídas no estado e representam as normais climatológicas de 1961-1990.

Com o propósito de viabilizar a aplicação da álgebra de mapas, todos os dados foram convertidos para o modelo de dados *raster*, uma vez que, comparado ao modelo vetorial, ele é mais simples, usa tecnologias de baixo custo computacional, armazena os dados de forma relativamente simples e é mais fácil de processar quando se trata de álgebra de mapas. Para a etapa de conversão dos dados vetoriais para *raster* foi utilizada a ferramenta *Feature to Raster*, do software ArcGis 9.3. As informações passaram, então, a serem representadas na forma de *pixels*, com valores que correspondiam a cada uma das classes representadas. Além disso, as informações foram reprojetadas para o sistema de coordenadas *South American Datum 1969*, com a utilização da ferramenta *Project*, do ArcGis. A figura 2 representa algumas das bases utilizadas no presente trabalho.

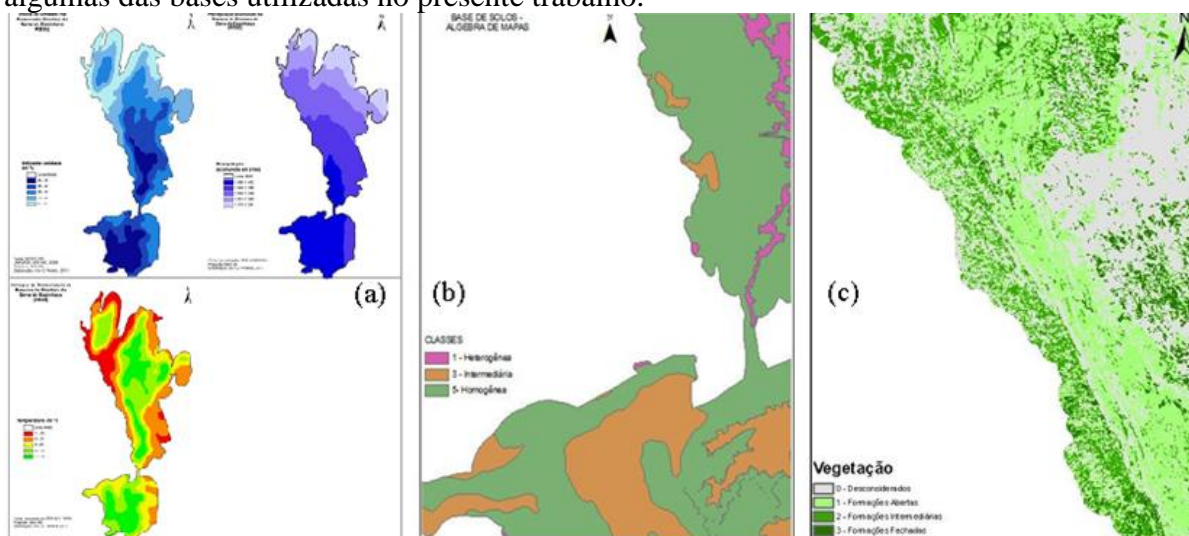


Figura 2: Bases Cartográficas:(a) fatores climáticos, (b) pedologia, (c) vegetação.

Devido à complexidade de algumas informações, houve a necessidade de reclassificação, a fim de minimizar o número de classes de alguns planos de informação, uma vez que a álgebra de mapas, com mais classes de feições, resultaria em uma gama de resultados que,

através de testes, notou-se serem de difícil compreensão em termos ecológicos de cada uma das regiões delimitadas. Por isso, buscou-se a simplificação de dois dados: a vegetação e a pedologia. Como exemplo, a figura 3 mostra o mapa de pedologia original e a sua reclassificação.

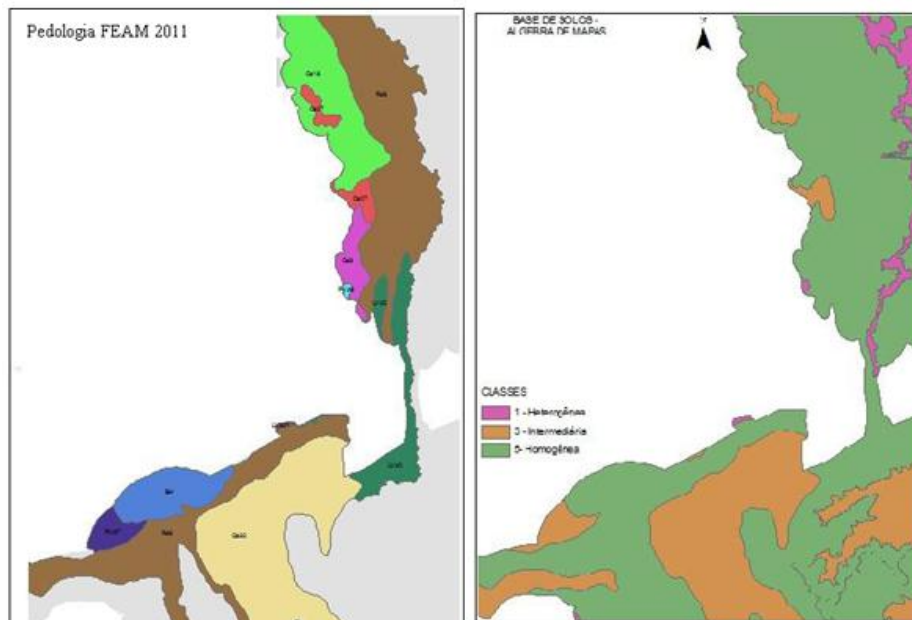


Figura 3: Mapa de solos FEAM 2011 e Base de Solos Reclassificada.

Portanto, houve uma readequação das bases cartográficas quanto ao modelo de dados, que passou de vetorial para *raster*, da projeção cartográfica para *South American Datum 1969* e, por fim, a reclassificações nas classes das bases de pedologia e vegetação foi feita.

Após a (re)adequação das bases ao trabalho, foi possível fazer o cruzamento das informações com a utilização da técnica da álgebra de mapas. A álgebra de mapas foi desenvolvida por Dana Tomlin (1983), ela consiste, resumidamente, no desenvolvimento de um modelo cartográfico que pode ser visto como uma coleção de mapas em uma base de dados comum. Cada um dos mapas corresponde a uma variável sujeita a aplicação de operações algébricas. A execução das operações respeita uma sequência lógica, assim como em uma expressão algébrica.

A ferramenta *Raster Calculator*, do software ArcGis 9.3, foi utilizada nesta etapa. A rotina do *Raster Calculator* é bastante simples e consiste em informar ao software, com o uso da linguagem *Structured Query Language* (SQL), quais planos de informação serão utilizados e qual a operação algébrica será realizada entre eles. Para isso, o software apresenta uma interface bastante simples para a formulação da sintaxe SQL, sendo assim, não é necessário que o utilizador tenha um vasto conhecimento sobre esta linguagem. Desse modo, bastou informar o nome dos planos de informação e a operação algébrica entre eles.

Com essa etapa, encerrou-se a metodologia de obtenção das Ecorregiões, objetivo principal do trabalho. Na próxima seção deste artigo, estão descritos os resultados da aplicação desta metodologia e uma breve discussão relativa à análise das áreas delimitadas e do trabalho como um todo.

### 3. Resultados e discussões

A aplicação da metodologia foi feita, inicialmente, nos dados referentes à geologia, pedologia, vegetação, umidade relativa, temperatura e precipitação. A partir disso, o mapa representado na figura 4 foi obtido, no qual se pode observar uma marca latitudinal muito forte na divisão das Ecorregiões. Ao comparar o mapa de Ecorregiões, presente na figura 4, com o de precipitação, presente na figura 2(a), é perceptível a alta correlação entre as regiões

delimitadas e a espacialização da precipitação, que sobressai em relação a todos os outros fatores ecológicos. Sendo assim, optou-se por fazer um teste sem a utilização do dado de precipitação, uma vez que este estava sobressaindo na divisão das Ecorregiões.

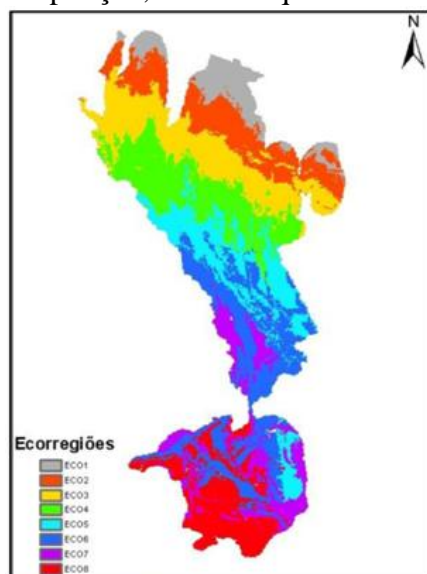


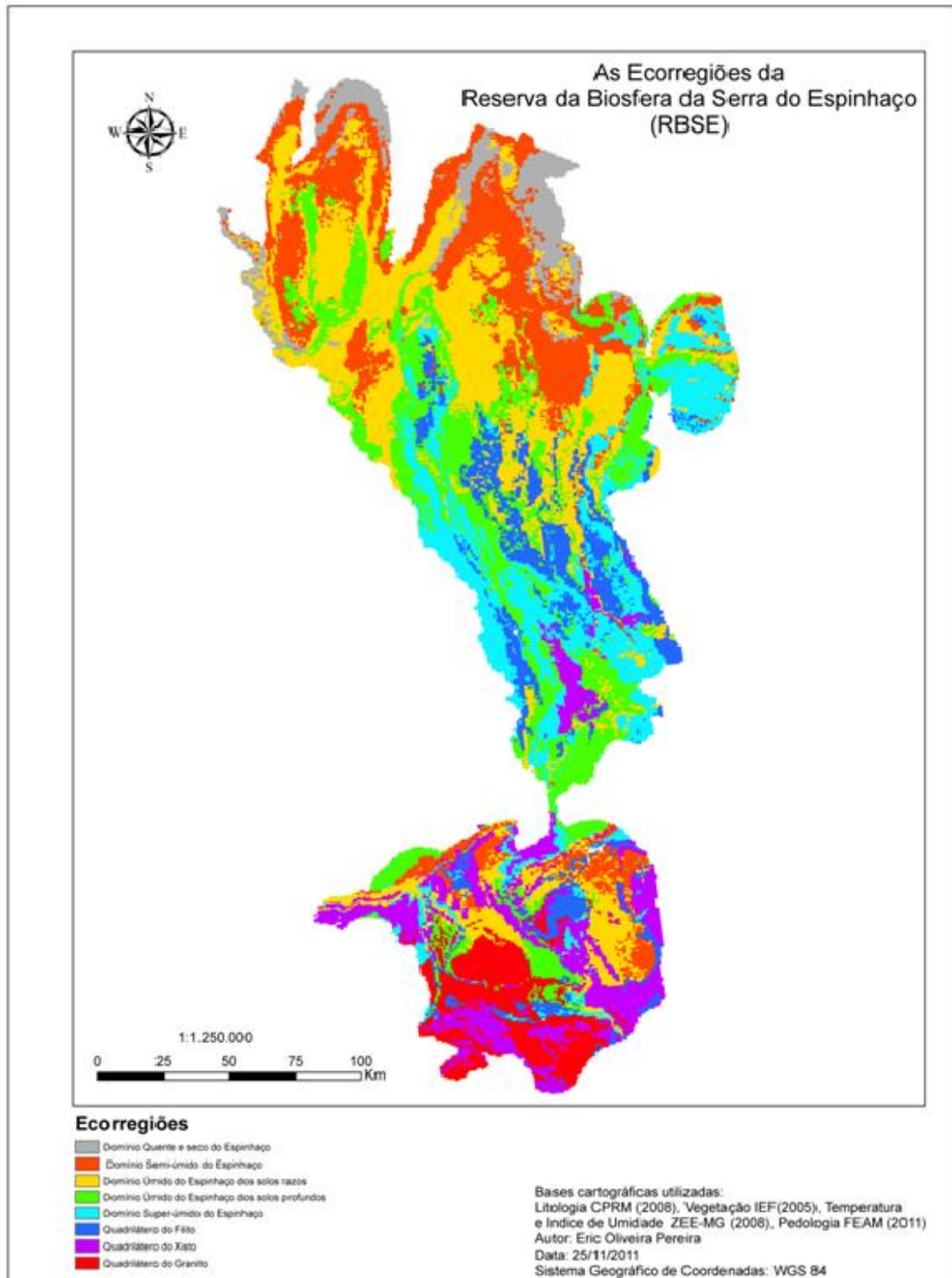
Figura 4: Possíveis Ecorregiões.

Com isso, optou-se pela retirada da camada de precipitação e um novo cruzamento foi feito. Nessa nova aplicação da álgebra de mapas, a marca latitudinal ficou menos expressiva. Portanto, os dados climáticos utilizados neste trabalho foram a temperatura e a umidade relativa. A figura 5 representa o resultado final do cruzamento feito no ArcGis 9.3, em que os parâmetros ecológicos utilizados foram pedologia, vegetação, geologia, umidade relativa e temperatura.

As Ecorregiões delimitadas foram nomeadas de modo a expressar as principais características ecológicas de cada uma delas. É importante ressaltar que, o resultado obtido contou com uma inconsistência que não era esperada, áreas com fatores ecológicos semelhantes foram identificadas tanto no ambiente do espinhaço como na área conhecida como quadrilátero ferrífero. Isso não deveria ter acontecido já que existem grandes diferenças ecológicas entre os dois ambientes, a começar pela litologia, em que existe predomínio de quartzitos no espinhaço, de idade mais recente, diferentemente da região mais ao sul da RBSE, que possui uma formação mais antiga e com predominância de Xisto, Itabirito, Filito e Granito-gnaiss. Além disso, existe uma grande diferença climática entre esses dois ambientes, já que ocupam faixas latitudinais distintas.

Apesar disso, foi possível analisar as Ecorregiões de acordo com suas características ecológicas, à exceção daquelas áreas em que foram delimitadas nos dois ambientes, em que se optou por descrever os fatores ecológicos relativos ao ambiente de maior ocorrência. A análise, de modo geral, comprovou que a metodologia acarretou um resultado satisfatório, sendo possível estabelecer padrões ecológicos das áreas que foram classificadas como semelhantes. Seria interessante que fosse feita uma separação entre o Espinhaço e o Quadrilátero Ferrífero, quando da aplicação de métodos automatizados de delimitação que levem em conta as características ambientais da RBSE. Vale destacar que o quadrilátero faz parte da RBSE por motivos políticos e econômicos, a fim de conservar, também, essa importante região do estado, uma vez que passa por diversas pressões relativas à extração mineral, urbanização, lazer, turismo, além da própria conservação da área.





**Figura 5: As Ecorregiões da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço**

#### 4. Conclusões

Este trabalho teve por objetivo delimitar as Ecorregiões para a Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço. Trabalhos com o objetivo de dividir o espaço em Ecorregiões já foram realizados pelo WWF, a nível global, pelo IBAMA, a nível nacional e por Ximenes, 2009, para o interflúvio madeira-purus. Portanto, a partir desses trabalhos já realizados, surgiu a ideia de aplicar uma metodologia que fosse condizente com a área da RBSE. Todavia, as metodologias já desenvolvidas não seriam adaptáveis à área de estudo. Sendo assim, optou-se pelo desenvolvimento de uma metodologia própria, sem, contudo, deixar de observar as metodologias e parâmetros utilizados nos trabalhos referenciados acima.

Com a revisão bibliográfica foi possível identificar os parâmetros mais comumente utilizados para a delimitação das Ecorregiões, seja de modo automatizado, com o uso das geotecnologias, ou de forma manual, com a reunião de especialistas. Com isso, foi possível selecionar as bases necessárias ao trabalho, o que evidencia a importância de se fazer uma revisão bibliográfica sobre o assunto.

A metodologia desenvolvida, além de atender ao objetivo do trabalho, foi feita com o intuito de ser simples e utilizar ferramentas de fácil entendimento. A partir do resultado, chega-se à conclusão de que a metodologia foi eficiente e atendeu ao objetivo do trabalho. Contudo, a não existência de uma relação ecológica entre a porção do Espinhaço propriamente dito e o Quadrilátero Ferrífero causou distorções não esperadas, com a ocorrência de uma mesma Ecorregião nos dois ambientes, que são ecologicamente distintos. Uma das razões para que isso ocorresse pode estar ligada ao fato de que o Quadrilátero Ferrífero compõe esta área por razões político-econômicas, sem guardar qualquer relação climática, florística e nem mesmo litológica. Um modo de solucionar a distorção encontrada no resultado final deste trabalho seria a de se fazer uma análise em separado das duas regiões, contudo, o objetivo do trabalho não foi este, por isso cabe ressaltar tal distorção.

Após a aplicação metodológica, foi feita uma análise das características ecológicas de cada uma das Ecorregiões. A proposta de desenvolver uma metodologia e aplicá-la a uma área de tamanha importância foi um esforço que contribuiu bastante para a compreensão das aplicações metodológicas com o uso do SIG e o cuidado no uso do mesmo. A ferramenta é muito interessante, embora seja preciso ter crítica sobre o seu melhor uso e que, ao fim do trabalho, o resultado obtido seja satisfatório e passível de análise.

## Referências Bibliográficas

- BAILEY, R. G. Identifying ecoregions boundaries. **Environmental management**, v 34, supl. 1, p. S14-S26, 2005.
- BEZZI, Meri Lourdes. **Região: uma (re)visão historiográfica – da gênese aos novos paradigmas**. Santa Maria: Ed. Da UFSM, 2004, 292 p.
- BRYCE, S.A. and CLARKE, S.E., 1996, Landscape-level ecological regions: Linking state-level ecoregion frameworks with stream habitat classifications: **Environmental Management**, vol. 20, no. 3, p. 297-311.
- CÂMARA, Gilberto. **Representação Computacional de dados geográficos**. In: CÂMARA, Gilberto. In: Casanova, Marco; Davis, Clodoveu; Vinhas, Lúbia; Queiroz, Gilberto Ribeiro de; Câmara, Gilberto. Banco de Dados Geográficos. Curitiba: MundoGEO. 2005.
- CORREIA, R. L. **Região e Organização Espacial**. São Paulo: Ática, 1987.
- DINNERSTEIN, E., OLSON, D.M., GRAHAM, D.J., WEBSTER, A.L., PRIMM, S.A., BOOK BINDER, M.P. **Conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean**. Washington: World Bank. 1995, 237p.
- GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. **Megadiversidade** | Volume 4 | Nº 1-2 | Dezembro 2008
- HARGROVE, W. W.; Hoffman, F. M. Using multivariate clustering to characterize ecoregion borders. **Computers in Science & Engineering**, v. 1, p. 18–25, 1999.
- LOVELAND, T. R.; Merchant, J. W. Ecoregions and ecoregionalization: geographical and ecological perspectives. **Environmental management**, v. 34, suppl. 1, p. S1-S13, 2004.
- OMERNIK, J.J. 1987. Ecoregions of the conterminous United States, **Annals of the Association of American Geographers**. 77: 118 – 125.
- OMERNIK, J. M. Ecoregions: a spatial framework for environmental Management. In: Davis, W., Simon, T. P. Eds. **Biological Assessment And Criteria: Tools For Water Resource Planning And Decision Making**, Lewis Publishing, Boca Raton, Florida, 1995.
- PETER A. Burrough and Rachel A. McDonnell. **Principles of Geographical Information Systems**. United States: Oxford University Press Inc. 2000
- Portal de Ciências Ecológicas da UNESCO <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/>>. Acesso em: 30.out.2012.
- Portal Grupo Integrado de Pesquisas do Espinhaço <<http://gipeufmg.blogspot.com/>>. Acesso em 05.abr.2011
- Portal Conservação Internacional do Brasil <<http://www.conservation.org.br>>. Acesso em: 20.abr.2011
- Reserva da Biosfera da Mata Atlântica<[http://www.rbma.org.br/mab/unesco\\_01\\_oprograma.asp](http://www.rbma.org.br/mab/unesco_01_oprograma.asp)>. Acesso em: 15.abr.2011
- XIMENES, Arimatéa de Carvalho. Mapas **auto-organizáveis para a identificação de Ecorregiões no interflúvio Madeira-Purus: uma abordagem da biogeografia ecológica** / Arimatéa de Carvalho Ximenes. São José dos Campos: INPE, 2008. 155p. ; (INPE-15332-TDI/1372) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.
- ZHOU, Y.; Narumalani, S.; Waltman, W. J.; Waltman, S. W.; Palecki, M. A. A GIS-based spatial pattern analysis model for ecoregion mapping and characterization. **International Journal of Geographic Information Science**, v. 17, p. 445-462, 2003.