

As ecorregiões da reserva da biosfera da serra do espinhaço: elementos para o fortalecimento da conservação da biodiversidade

The ecoregions of biosphere reserve of serra do espinhaço: elements for the strengthening of biodiversity conservation

Eric Oliveira Pereira

Doutorando em Geografia – UFMG/IGC

ericpereiraufmg@gmail.com

Bernardo Machado Gontijo

Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UFMG/IGC

Doutor em Desenvolvimento Sustentável pela UNB

gontijob@yahoo.com.br

Luiza Gontijo Álvares de Campos Abreu

Mestranda em Geografia pela – UFMG/IGC

uhabreu@gmail.com

Artigo recebido para revisão em 03/04/2014 e aceito para publicação em 03/05/2014

Resumo

Esse estudo foi desenvolvido com o objetivo de mapear as Ecorregiões da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço – RBSE utilizando álgebra de mapas e ferramentas de Sistemas de Informação geográficas. A área de estudo está localizada no estado de Minas Gerais e foi reconhecida como reserva da biosfera pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) em 27 de Junho de 2005. Para delimitar a área em ecorregiões, algumas variáveis foram escolhidas, como litologia, pedologia, vegetação e fatores climatológicos. Foram identificadas oito Ecorregiões, divididas em dois contextos ecológicos diferente – o Espinhaço e o Quadrilátero Ferrífero. Essas ecorregiões foram analisadas para que uma compreensão das relações ecológicas presentes entre as variáveis escolhidas promovendo o entendimento das condições ambientais e possibilitando o desenvolvimento de melhores medidas a serem tomadas para sua conservação.

Palavras chave: sistema de informações geográficas; análise espacial; Biogeografia; álgebra de mapas; Ecorregiões

Abstract

This study was developed with the purpose of mapping the Ecoregions of the Biosphere Reserve of Serra do Espinhaço – RBSE using map algebra and Geographic Information Systems tools. The area of study is located within the state of Minas Gerais and was recognized by United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) in June 27, 2005 as a biosphere reserve. To divide the area into Ecoregions – areas with similar ecologic characteristics, some ecological variables were chosen, such as lithology, pedology, vegetation and climate factors (humidity and temperature). There were identified eight Ecoregions, divided into two different ecologic contexts - the Espinhaço and the Quadrilátero Ferrífero. Those Ecoregions were analyzed in order to understand the ecological relations present among the variables chosen fostering the comprehension of the environment conditions and enabling the development of better measures to be taken aiming its conservation.

Key words: Geographic Information System; spatial analysis; Biogeography; map algebra; Ecoregions

1. INTRODUÇÃO

Nas unidades denominadas como reservas da biosfera busca-se a conservação dos ecossistemas e, em paralelo, a solução dos problemas das populações locais. Segundo UNESCO (2011) as reservas da biosfera têm como funções básicas os seguintes aspectos: (1) contribuir para a conservação da biodiversidade, incluindo os ecossistemas, espécies e variedades, bem como as paisagens onde se inserem; (2) fomentar o desenvolvimento econômico que seja sustentável do ponto de vista sócio-cultural e ecológico; (3) criar condições logísticas para a efetivação de projetos demonstrativos para a produção e difusão do conhecimento e para a educação ambiental, bem como para as pesquisas científicas e o monitoramento nos campos da conservação e do desenvolvimento sustentável. (http://www.rbma.org.br/mab/unesco_01_oprograma.asp, acessado em 23/06/2011).

Na Conferência sobre a Biosfera realizada pela UNESCO em Paris no ano de 1968, foi criado o programa Homem e Biosfera (MaB – *Man and the Biosphere*). O MaB é um programa de cooperação internacional que visa, por meio de cooperações internacionais, estudar as interações entre o homem e seu meio e procura compreender as repercussões das ações humanas sobre os ecossistemas mais representativos do planeta. De acordo com a UNESCO (2011) existem 621 Reservas da Biosfera em 117 países. As áreas onde são propostas a implantação das reservas são sugeridas e administradas pelo país no qual estão localizadas.

No Brasil, o Comitê Brasileiro do Programa MaB (COBRAMAB) é responsável, junto ao Ministério do Meio Ambiente, pela implantação do programa da UNESCO. A Serra do Espinhaço foi reconhecida¹ como Reserva da Biosfera em 27 de junho de 2005 (UNESCO,2011), por ser um importante 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, o Espinhaço é considerado 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 justificam a adoção de medidas urgentes para a conservação de todo o complexo.

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.

O complexo da Serra do Espinhaço possui como um dos seus traços de maior destaque a presença dos afloramentos quartzíticos com marcas deixadas pelos movimentos neotectônicos. Alguns de seus picos passam dos 2000 metros de altitude, como é o caso dos Picos do Inficionado, do Sol e do Itambé. Além disso, destacam-se os altiplanos cobertos pelos campos rupestres (GONTIJO, 2008).

¹ Em 2006, foi criado o Comitê Estadual da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço em Minas Gerais através do Decreto nº 44.281 de 25 de abril. Que estabelece suas atribuições, estrutura, membros e funções.

A Serra do Espinhaço possui grande importância no tocante aos recursos hídricos no Brasil, abrangendo parte de três grandes bacias hidrográficas de importância nacional que são as bacias do Rio Doce, do Jequitinhonha e do rio São Francisco. A Serra é também o divisor de águas entre as bacias do rio Doce e rio São Francisco.

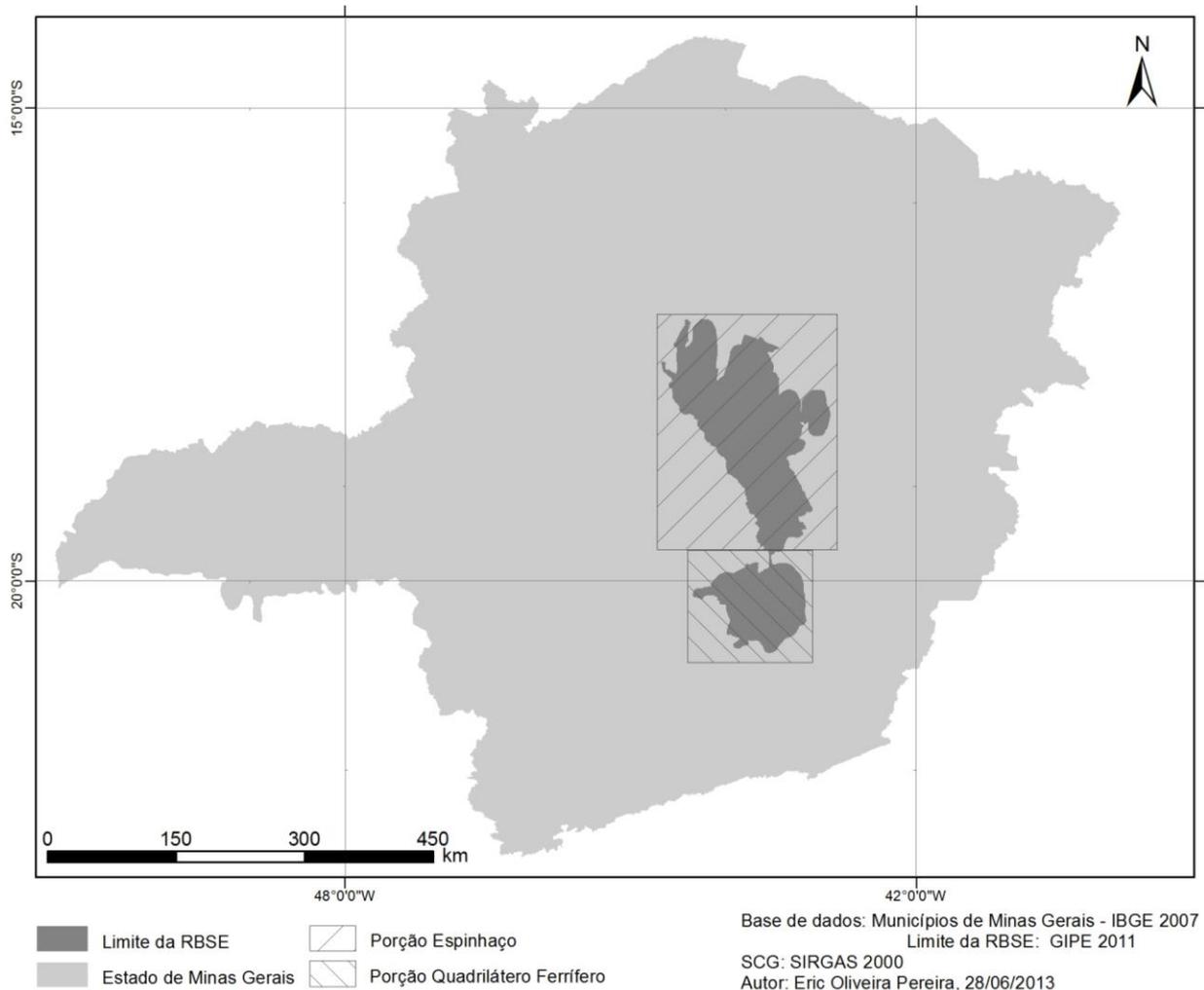


Figura 1 - Mapa da área de estudo.

A bacia do São Francisco, por exemplo, é estratégica na oferta de água para o semiárido mineiro e nordestino, e a conservação da Serra do Espinhaço é um dos fatores de importância para garantir a manutenção dos cursos d'água dessa bacia.

Em sua complexidade, a Serra do Espinhaço apresenta diversos organismos que se desenvolvem apenas nessa área de características peculiares, contribuindo para reforçar a necessidade de sua preservação e conservação.

Os ecossistemas encontrados ali são muito frágeis e de baixa resistência abrigo grande parte da flora ameaçada de extinção no estado de Minas Gerais, como é o caso dos campos rupestres. O endemismo de espécies florísticas e faunísticas é marcante no ambiente formado nesse

complexo. A vegetação rupestre é muito dependente das condições do micro clima, do afloramento rochoso e dos solos rasos e pedregosos que ocorrem particularmente nessa região.

A RBSE é estudada por diversos pesquisadores e grupos², principalmente do estado de Minas Gerais. O Grupo Integrado de Pesquisas do Espinhaço (GIPE), coordenado pelo professor Bernardo Machado Gontijo, do departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, é um deles e objetiva realizar estudos e discussões focados nas questões sócio-espaciais da RBSE.

Devido as suas particularidades, suas relações ecológicas complexas e sua dimensão territorial, a subdivisão em regiões na RBSE pode ser um facilitador dos estudos em seu espaço natural. A fragmentação poderá facilitar os trabalhos de conservação nos diversos ambientes, além disso, medidas mais eficazes poderão ser tomadas, já que as grandes regiões, abordadas a partir de características gerais, podem ser ineficazes para atender toda uma área de tal dimensão, uma vez que as especificidades não podem ser percebidas.

Dentre as diferentes metodologias de divisão, uma que despertou o interesse para este estudo foi e que leva em consideração as Ecorregiões. O interesse por segmentar a RBSE em Ecorregiões surge das aplicabilidades dessa categoria. De acordo com DINNERSTEIN et al. (1995) as ecorregiões correspondem a um conjunto de comunidades naturais, geograficamente distintas, que compartilham a maioria das suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos e condições ambientais similares, que são fatores críticos para a manutenção de sua viabilidade a longo prazo.

As Ecorregiões são importantes para melhorar a eficiência do planejamento de medidas de conservação, já que consideram simultaneamente diversas espécies e comunidades naturais interrelacionadas. Essas unidades geográficas tendem a ser mais relevantes, facilitando a tomada de decisões quanto à conservação e fornecendo bases para o desenvolvimento de estratégias de conservação.

A delimitação de ecorregiões é complexa e demanda um grande esforço por parte daqueles que se propõe a fazê-la. Trabalhos com este intuito já foram realizados em nível global pela organização não governamental World Wildlife Foundation - WWF e em nível nacional pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Para os

² GONTIJO, B. M. As Portas Abertas da Serra do Cipó. Cadernos Manuelzão (Belo Horizonte),v. 2, p. 11-17, 2007
GONTIJO, B. M. ; BRAGA, S. S. . O Turismo como vetor de mudanças sócio-espaciais: Estudo comparativo entre os distritos de Milho Verde e São Gonçalo do Rio das Pedras, município do Serro, Minas Gerais. In Anais do 12º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal: UFRN, 2007. v.1. p.498-518. GONTIJO, B. M.; FERREIRA, R. A. . Trekking -Da aventura à possibilidade de desenvolvimento do Ecoturismo: Um olhar sobre duas travessias na Serra do Cipó/MG. In: Anais do 2º Encontro Interdisciplinar de Ecoturismo em Unidades de Conservação / Congresso Nacional de Ecoturismo, 2007, Itatiaia - RJ. GONTIJO, B. M. ; CASTRO, J. F. Turismo na Serra do Cipó - MG: Uma análise das relações condicionantes entre turismo e meio ambiente. In: Anais do 12º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal : UFRN, 2007. v. 1. p. 51-58. GONTIJO, B. M. ; LOPES, C. G. F. A dinâmica sócio- espacial do povoado de Lapinha: Uma análise espaço-temporal. In: Anais do 12º Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal : UFRN, 2007. v. 1. p. 323-342.

produtos gerados por ambos os trabalhos não foram utilizadas técnicas computacionais que automatizassem o processo.

O uso de técnicas de Geoprocessamento vem a contribuir no sentido de facilitar a delimitação das regiões considerando o conhecimento de estudiosos e pesquisadores que atuam na área sendo delimitada. Tais profissionais contribuem com a escolha e ponderação das variáveis utilizadas e no processo de validação do resultado gerado pelo processo mais automatizado de identificação apontando ajustes e correções necessárias que muitas vezes não são consideradas pelo processo automático.

Ximenes (2008) utilizou uma técnica conhecida como *Self-Organization Maps (SOM)* ou mapas auto-organizáveis para automatizar a delimitação de Ecorregiões para o interflúvio Madeira-Purus, aplicando cinco variáveis que foram altitude, declividade, densidade de drenagem, distância geográfica (latitude) e vegetação. A partir deste estudo surgiu o interesse de se fazer algo semelhante para a RBSE.

Para a delimitação das Ecorregiões da RBSE foi criada uma metodologia mais simples baseada na desenvolvida por Ximenes (2008) sendo de mais fácil entendimento para o nível da pesquisa.

O objetivo principal deste trabalho foi o de delimitar as Ecorregiões da RBSE a partir de uma metodologia própria e posteriormente analisar as Ecorregiões mapeadas, a fim de identificar as características ecogeográficas predominantes em cada uma delas diferenciando-as entre si fornecendo subsídios para a conservação da biodiversidade desta importante área.

2. METODOLOGIA

Inicialmente foi feito 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. As bases cartográficas³ escolhidas foram litologia, pedologia, vegetação, temperatura, precipitação e umidade relativa, sendo as três últimas variáveis representativas do clima. Uma vez definidas as bases cartográficas foi necessário compilar as informações, e realizar os devidos tratamentos de informação, tais como, conversão do formato *vector* para *raster*, (re)projeção dos dados para um mesmo sistema de coordenadas, recorte das bases para a área de estudo, entre outros. Por fim, foi desenvolvida uma

³ As bases utilizadas foram publicadas pelos órgãos oficiais federais e estaduais, sendo utilizadas as versões disponíveis ao público. Do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE foi utilizada a base de limites estaduais de 2007, do ZEE –MG foram usadas as bases de Índice de Umidade, Temperatura e Pluviosidade de 2008, da Fundação Estadual de Meio Ambiente de MG - FEAM foram usadas as bases de Mapeamento dos Solos de Minas Gerais 2011, e da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais do Brasil - CPRM as bases litológicas de 2008.

álgebra de mapas simples que relacionou os dados gerando o resultado pretendido, representado no mapa das Ecorregiões da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço.

Neste trabalho as bases de vegetação, precipitação, temperatura e umidade relativa foram extraídas do Zoneamento Ecológico Econômico do estado de Minas Gerais (ZEE-MG) elaborado em 2008 pelo Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais – SISEMA, sendo a resolução espacial da base de vegetação de 30 metros. Os dados climatológicos são fruto de interpolação dos dados climáticos coletados nas estações meteorológicas distribuídas no estado e representam as normais climatológicas de 1961-1990.

A base pedológica foi extraída do trabalho realizado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, em parceria com a Universidade Federal de Viçosa - UFV, e possui uma escala de 1:650.000 sido publicado em 2011. Os dados litológicos são oriundos de levantamentos sistemáticos realizados pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais do Brasil (CPRM) na escala de 1:100.000.

A álgebra de mapas foi desenvolvida por Dana Tomlim (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.

Com o propósito de viabilizar a aplicação da álgebra de mapas todos os dados em formato *vector* foram convertidos para o modelo de dados *raster*, devido a facilidade de processamento dos dados por possuir uma estrutura de informações mais simples quando comparado ao modelo vetorial.

Todos os procedimentos de processamento dos dados foram realizados com o uso do software ArcGIS v 9.3.

Para a etapa de conversão dos dados vetoriais para *raster* foi utilizada a ferramenta *Feature to Raster*. As informações passaram então, a ser representadas na forma de *pixels*, com valores que correspondiam a cada uma das classes representadas. Foi feita também a reprojeção da base para o sistema de coordenadas *South American Datum 1969*, com a utilização da ferramenta *Project*. A figura 2 representa algumas das bases utilizadas no presente trabalho.

Devido a complexidade de algumas informações houve a necessidade de reclassificação, a fim de minimizar o número de classes de alguns planos de informação. Na álgebra de mapas quanto maior o número de classes de feições mais complexo o resultado obtido, o que pode dificultar a compreensão das regiões ecológicas delimitadas. Assim, buscou-se a simplificação

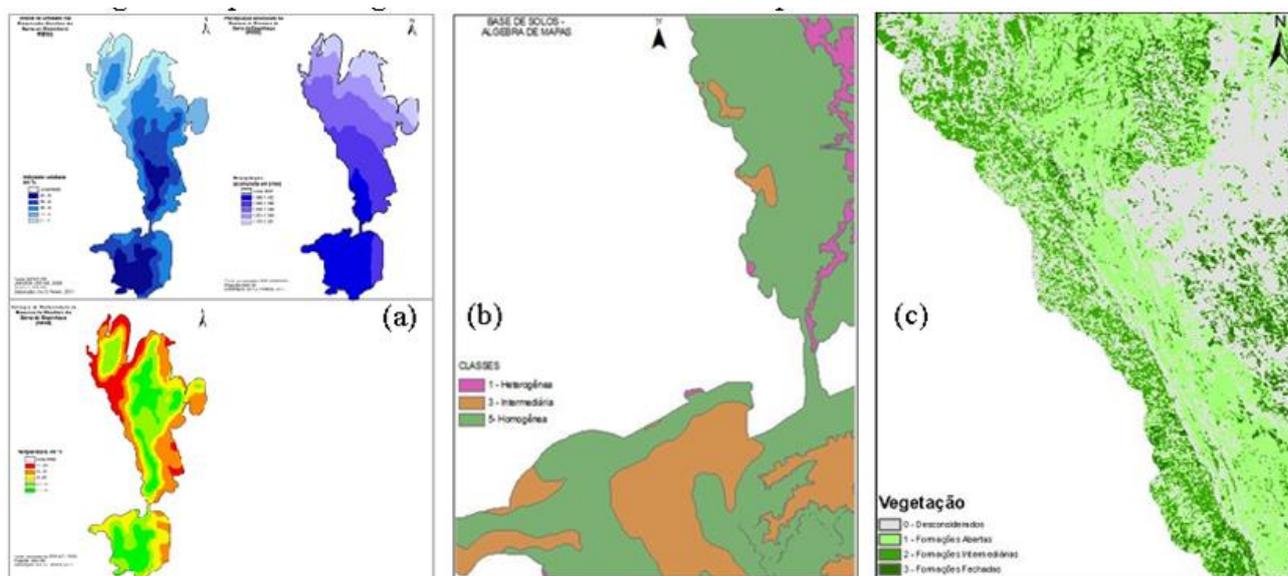


Figura 2 - Bases cartográficas – (a) fatores climáticos; (b) pedologia; (c) vegetação.

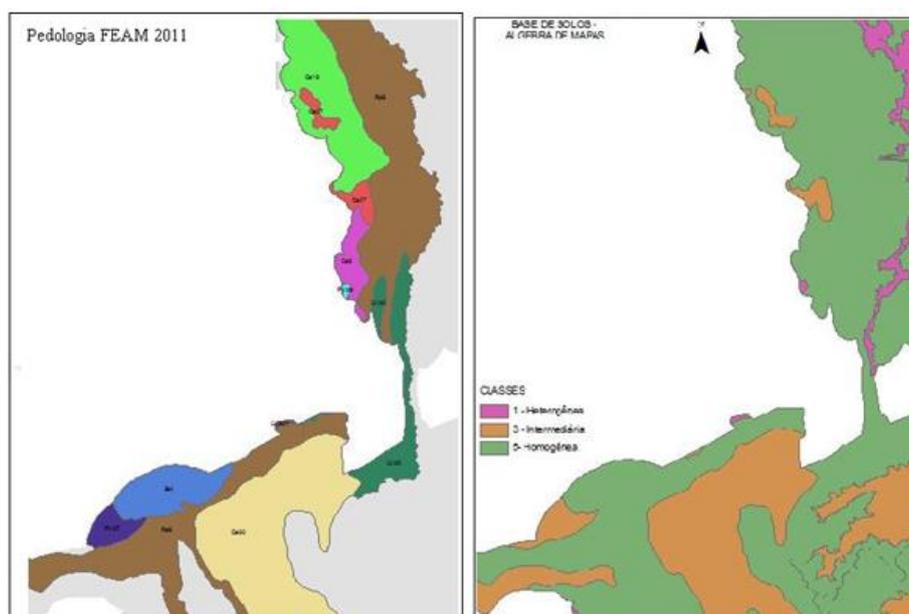


Figura 3. Pedologia reclassificada.

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 ferramenta *Raster Calculator* foi utilizada nesta etapa, sua rotina 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. A interface do software é bastante simples para a formulação da sintaxe SQL, bastando informar o nome dos planos de informação e a operação algébrica entre eles.

Com esta 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, as adequações feitas a partir dos resultados preliminares, uma breve discussão relativa a análise das áreas delimitadas e o mapa das Ecorregiões da RBSE.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A priori, a aplicação da metodologia foi feita nos dados referentes à litologia, pedologia, vegetação, umidade relativa, temperatura e precipitação, resultando no mapa representado na figura 4, no qual se pode observar uma marca latitudinal muito forte na divisão das Ecorregiões.

A partir do primeiro resultado obtido, foram notadas algumas incongruências. Foi realizado um segundo teste no qual as camadas de informação de vegetação e de pedologia foram reclassificadas. Ademais, ao se comparar a representação da figura 4 com o de precipitação (figura 2a) é perceptível semelhança entre a espacialização das regiões delimitadas e da precipitação, que acaba por predominar sobre os outros fatores ecológicos.

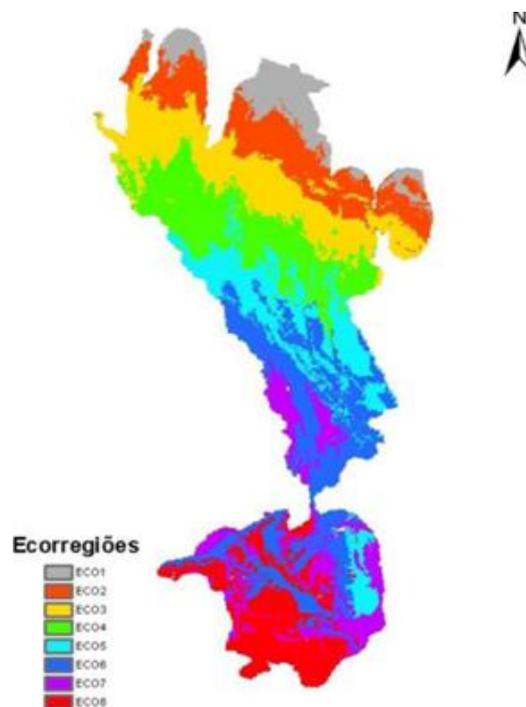


Figura 4 - Possíveis ecorregiões.

Sendo assim, um novo cruzamento dos dados foi feito, utilizando as camadas reclassificadas e desconsiderando a camada da variável de precipitação. Nessa nova aplicação da álgebra de mapas a marca latitudinal mostrou-se menos dominante. Por fim, os parâmetros ecológicos utilizados no estudo foram pedologia, vegetação, litologia, umidade relativa e temperatura. A figura 5 representa o resultado final do cruzamento feito.

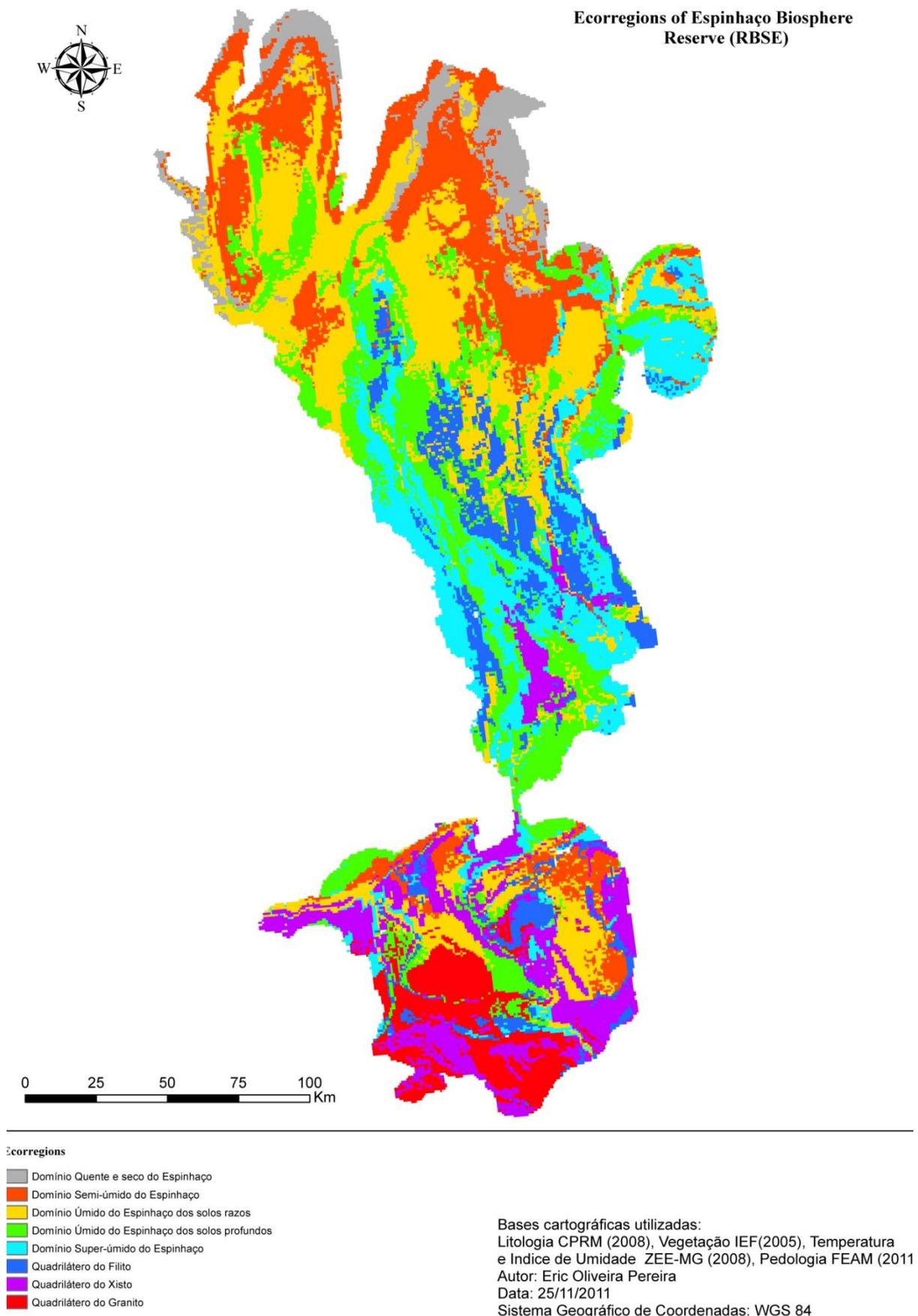


Figura 5 - Mapa final das Ecorregiões da RBSE (porção sul – Quadrilátero Ferrífero; porção norte – Cadeia do Espinhaço).

As Ecorregiões devem retratar áreas relativamente homogêneas, onde as áreas pertencentes a uma mesma Ecorregião devem compartilhar os fatores ecológicos. A partir da análise do mapa resultante obtido com a utilização de um Sistema de Informações Geográficas, é possível descrever as características predominantes para cada uma das Ecorregiões.

As Ecorregiões delimitadas foram nomeadas de modo a expressar suas principais características ecológicas. Áreas com fatores ecológicos semelhantes foram identificadas tanto no ambiente do Espinhaço como na área conhecida como Quadrilátero Ferrífero, resultado este que não deveria ter ocorrido já que existem grandes diferenças ecológicas entre os dois ambientes, a começar pela litologia, em que existe predomínio de quartzitos no Espinhaço, e predominância de Xisto, Itabirito, Filito e Granito-gnaiss na região meridional da RBSE. Há também uma grande diferença climática entre os ambientes, já que ocupam faixas latitudinais distintas.

Grosso modo, a análise comprovou que a metodologia acarretou em um resultado satisfatório sendo possível estabelecer padrões ecológicos das áreas que foram classificadas como semelhantes. Seria interessante que, quando da aplicação de métodos automatizados de delimitação que levem em conta as características ambientais da RBSE houvesse a separação entre o Espinhaço e o Quadrilátero Ferrífero.

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.

É notável que algumas Ecorregiões predominem no ambiente do Espinhaço propriamente dito e outras na região do Quadrilátero Ferrífero. A partir disso foi feita uma divisão para que as Ecorregiões fossem analisadas.

A análise foi feita da seguinte forma: as características relativas às Ecorregiões 1 a 5 são referentes ao ambiente do Espinhaço, já as características das Ecorregiões 6 a 8 referem-se ao Quadrilátero Ferrífero.

A Ecorregião 1, que ocorre predominantemente na porção mais ao norte da RBSE, apresenta temperaturas relativamente elevadas, na ordem de 22°C, índices de umidade⁴ muito baixos, abaixo de 10 (em uma escala que varia de 0 a 60). Os dados climáticos revelam uma região seca e quente, ligada a sua posição latitudinal, interiorana e de baixas altitudes. No que diz respeito aos solos, são encontrados latossolos, cambissolos e, em pequenas porções, neossolos litólicos. Ao observar a vegetação desta área, que é um bom indicador da relação dos fatores ecológicos, ocorre predominantemente a fitofisionomia de campo cerrado e cerrado. Esta Ecorregião pode ser

⁴ O cálculo e a metodologia para obtenção do índice de umidade está descrito no Capítulo 4 do ZEE-MG (2008), na seção que trata dos componentes geofísicos e bióticos.

considerada como uma área em que predomina um clima seco e quente, com solos bem evoluídos, à exceção dos neossolos e a fitofisionomia é marcada pela presença do cerrado e do campo cerrado.

Na Ecorregião 2, são predominantes as temperaturas em torno dos 19°C, com índice de umidade em torno de 20. Em relação à Ecorregião 1 é notável uma diferença significativa de temperatura, com a queda da média em 3°C e um aumento significativo da umidade. Quanto aos solos, predomina o neossolo litólico associado a uma extensa área de afloramento rochoso, em áreas pouco expressivas ocorrem latossolos. A vegetação encontrada nessa porção é predominantemente a de campo e campo rupestre. O campo rupestre está diretamente relacionado à ocorrência dos afloramentos rochosos quartzíticos da região e o campo, relacionado aos solos pouco evoluídos. Esta região tem características marcadas pelo afloramento rochoso e pela presença de solos pouco evoluídos, que se refletem na vegetação predominantemente de campos e campos rupestres.

Na Ecorregião 3, existe a predominância de temperaturas em torno de 18 ° C, com índices de umidade entre 33 e 40, mais úmido que as Ecorregiões 1 e 2. Ocorrem solos pouco evoluídos, mas com presenças significativas de solos mais evoluídos, como os cambissolos. A vegetação é marcada por uma mescla entre campo rupestre e campo, nas áreas de solos menos evoluídos e afloramentos rochosos, e floresta estacional semidecidual, nas áreas de ocorrências de solos mais evoluídos. A relação entre a umidade e a vegetação se apresenta para esta Ecorregião de forma significativa, na medida em que a área possui índices de umidade maiores que os das Ecorregiões 1 e 2, favorecendo a presença de formações florestais. Contudo, as formações vegetais fechadas não são predominantes nesta área devido à grande presença de afloramentos rochosos e solos pouco evoluídos que são limitantes a esse tipo de vegetação.

Na Ecorregião 4, ocorrem temperaturas entre 18° C e 20 °C, com índices de umidade que variam de 35 a 45. Os solos predominantes nessa região são os cambissolos e argissolos, que são mais evoluídos que os presentes na Ecorregião 3. Porém, de forma menos significativa, ainda ocorrem afloramentos rochosos e neossolo litólico. Em relação a vegetação, é possível perceber que, nas áreas que não sofreram interferências antrópicas intensas, as formações fechadas são predominantes, diretamente relacionadas ao aumento do índice de umidade e à ocorrência de solos mais evoluídos, já os campos rupestres são restritos às áreas de ocorrência dos afloramentos rochosos e os campos às áreas de neossolos.

Na Ecorregião 5 são registradas temperaturas médias relativamente altas, em torno dos 21°C, mas com índices de umidade elevados, podendo chegar a 50. Os solos encontrados são bem evoluídos, com grandes áreas de ocorrências de latossolo e cambissolos, além dos argissolos. Existe, de forma menos expressiva, a ocorrência de neossolos. A floresta estacional semidecidual, aparece de forma muito significativa na área, exceto em áreas muito antropizadas, contudo, ocorre ainda a vegetação do tipo campo, em áreas de solos menos evoluídos. A relação entre o alto índice

de umidade e os solos mais evoluídos reflete-se na presença de formações vegetacionais mais densas, caracterizando a Ecorregião 5.

Ao acompanhar a descrição das Ecorregiões de 1 a 5, é possível fazer uma relação entre elas e explicar a atuação dos fatores ecológicos na determinação das mesmas. Ao comparar as 2 primeiras Ecorregiões, é possível perceber que os fatores climáticos são muito marcantes para a determinação dos ambientes, fazendo com que elas se diferenciem entre si, uma vez que os outros fatores não são muito distintos entre elas.

Já na análise da Ecorregião 3, percebe-se que, apesar de haver uma variação climática entre ela e a Ecorregião 2, os solos são mais significativos para explicar a separação entre essas duas áreas, uma vez que na Ecorregião 3 são encontrados solos mais evoluídos. Sendo assim, o ambiente passa a favorecer a formação de áreas de florestas mais exigentes de umidade e relacionadas aos solos mais evoluídos. Existe, uma ocorrência significativa da floresta estacional semidecidual, apesar de o campo e campo cerrado serem predominantes, já que os solos menos evoluídos ainda predominam.

Na Ecorregião 4, a situação vista na Ecorregião 3 se inverte. Os solos mais evoluídos passam a ser mais recorrentes o que favorece a presença de vegetações de ambientes de solos mais evoluídos, e a presença de campos e campos rupestres é menos expressiva. Por fim, na Ecorregião 5, o ambiente é mais úmido que o das outras Ecorregiões, com temperaturas médias em torno de 21° e com grande ocorrência de solos muito evoluídos, ambiente marcado pela grande presença de floresta estacional semidecidual, ainda que outras formações venham a ocorrer na área, relacionadas a solos mais jovens.

É possível perceber as relações entre clima, solo, presença de afloramentos rochosos e vegetação na delimitação das Ecorregiões na porção pertencente ao Espinhaço propriamente dito. Contudo, o fator ecológico, que faz com que uma área pertença a uma ou outra Ecorregião, nem sempre será o mesmo, como pode ser visto, a variação entre uma Ecorregião e outra pode ser dada pela variação significativa dos fatores climáticos e, em outros casos, pela variação dos tipos de solos predominantes, por exemplo.

Como já dito, as Ecorregiões da porção pertencente ao quadrilátero ferrífero foram analisadas separadamente das que ocorrem no espinhaço. Nos parágrafos seguintes, foram analisadas as Ecorregiões 6, 7 e 8.

Na Ecorregião 6, as temperaturas médias estão entre 17°C e 18°C com índice de umidade em torno de 50. Os solos que ocorrem na região são neossolos associados a ocorrência de afloramentos rochosos. A vegetação é bastante antropizada, com algumas ocorrências de campos rupestres e campos. A litologia presente nesta área é composta, predominantemente, pelo filito.

Nesta Ecorregião, apesar de temperaturas amenas e índice de umidade relativamente alto, não ocorrem formações vegetacionais fechadas devido à presença de um solo pouco desenvolvido.

Na Ecorregião 7, são registradas temperaturas entre 18°C e 19°C com índices de umidade acima de 40. Os solos são bem desenvolvidos, com latossolos e cambissolos. Com isso, a vegetação, quando em áreas pouco alteradas pelo homem, apresenta formações vegetais fechadas, com a floresta estacional semidecidual. Quanto à litologia, predominam os Xistos.

Na Ecorregião 8, as temperaturas médias variam de 17°C a 18°C com índice de umidade acima de 50. Os solos são muito desenvolvidos, com latossolos e cambissolos. A vegetação, quando não alterada, é predominantemente de floresta estacional semidecidual. A litologia é constituída, predominantemente, pelo granito-gnaisse.

As Ecorregiões na porção do quadrilátero parecem sofrer influência marcante da geologia. Uma vez que a Ecorregião 6 ocorre sobre filito, a Ecorregião 7 sobre o xisto e a Ecorregião 8 sobre o granito-gnaisse. Além disso, a partir da observação da distribuição apresentada no mapa de fitofisionomias e uso do solo, é perceptível a presença de grande interferência antrópica nestas áreas, uma vez que as classes de eucalipto, urbanização e outros, são muito marcantes. A umidade relativa também variou de maneira significativa para o quadrilátero, como pode ser visto na análise das Ecorregiões 6,7 e 8. Os solos apresentaram-se para as Ecorregiões 7 e 8 bastante semelhantes, mas para a Ecorregião 6 ele foi bastante diferente, com a ocorrência de solos pouco evoluídos em grande parte.

As Ecorregiões foram nomeadas com base nas características ecológicas predominantes. Na porção do Espinhaço foi possível relacionar o nome aos fatores climáticos e aos solos, já que os dois fatores foram bem marcantes para a variabilidade entre as áreas. Já na porção do Quadrilátero Ferrífero, a litologia foi utilizada para dar o nome às Ecorregiões, pois em cada uma delas houve o predomínio de um tipo de litologia, apesar de não ser o único fator relevante na diferenciação das Ecorregiões.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo a divisão do espaço natural da RBSE em Ecorregiões, a exemplo dos trabalhos realizados pela WWF, IBAMA e para o interflúvio Madeira-Purus por Ximenes (2008).

A fim de simplificar os procedimentos metodológicos já existentes para mapeamento das Ecorregiões, foi desenvolvida uma metodologia própria considerando os conceitos de Ecorregião e as informações do meio natural disponíveis e necessárias para seu mapeamento.

Durante a revisão bibliográfica percebeu-se que existe uma limitação referente a análise do resultado do mapeamento, pois os trabalhos existentes focam o método de identificação das

Ecorregiões e não sua caracterização. Dentre os trabalhos consultados, não foi possível ter contato com nenhuma explicação desse nível, o que acarretou dificuldades para elaborar a análise presente neste trabalho. Além disso, a maioria dos trabalhos referentes a essa temática são bastante técnicos, envolvendo metodologias muito complexas e difíceis de serem compreendidas.

Em termos práticos, a busca pelo material necessário ao cruzamento de dados para o mapeamento das Ecorregiões também foi complicado. Na tentativa de se conseguir o melhor resultado possível na execução metodológica, foi importante obter as melhores bases existentes, contudo, algumas delas não foram suficientes, por falta de material digitalizado, como é o caso da Geologia para a porção do Espinhaço propriamente dito. Esse material existe em forma analógica (em papel), e um esforço de digitalização foi concluído, mas não foi disponibilizado até o momento, inviabilizando sua utilização neste trabalho.

Outras bases complexas de serem trabalhadas foram as referentes ao clima, uma vez que não existem medições suficientes de temperatura, precipitação e umidade para toda a RBSE, reduzindo a escala dos dados climáticos. Dentre essas, a de precipitação foi a mais problemática em termos de espacialização das chuvas, já que não era possível perceber a diferença de precipitação relativa a variações altimétricas, por esse motivo essa base foi suprimida do trabalho.

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 Ecorregiões semelhantes nos dois ambientes ecologicamente distintos. Como dito anteriormente, o motivo que levou ao agrupamento do Quadrilátero a uma mesma reserva da biosfera que o Espinhaço, é puramente político e econômico. Este estudo não trabalhou com essa questão e sim com as questões ecológicas.

Outra possível causa de distorções neste trabalho pode estar ligada diretamente ao método desenvolvido. Os métodos anteriormente aplicados para outras áreas eram bastante complexos e, ainda assim, apresentavam problemas que eram resolvidos manualmente. Como neste trabalho o método foi simplificado e não houve intervenção manual, as distorções podem ser percebidas no mapa final das Ecorregiões.

Este tipo de estudo é muito complexo e laborioso, entretanto, o resultado foi satisfatório uma vez que as Ecorregiões foram delimitadas e, além disso, passaram por uma análise das características ecológicas. A aplicação metodológica é importante e a análise dos resultados obtidos completa o trabalho ao viabilizar a avaliação da eficácia do método. Espera-se que este estudo sirva de inspiração, motivação e subsídio para outros pesquisadores que por ventura venham a se interessar pelo tema.

A proposta de desenvolver uma metodologia e aplicá-la a uma área de tamanha importância foi um esforço que contribui bastante para a compreensão das aplicações metodológicas com o uso

de Sistemas de Informação Geográfica e o cuidado no uso dos mesmos. A ferramenta é muito interessante, embora seja preciso cuidado no seu uso para que o resultado obtido seja satisfatório e passível de análise. Além disso, o mapa final juntamente com a análise das Ecorregiões, pode contribuir muito no auxílio à tomada de decisões quanto à conservação da natureza.

REFERÊNCIAS

- BAILEY, R. G. Identifying ecoregions boundaries. **Environmental management**, volume 34, supl. 1, p. S14-S26, 2005.
- BEZZI, M. L. **Região: uma (re) visão historiográfica – da gênese aos novos paradigmas**. Santa Maria: Editora Da UFSM. 2004. 292 p.
- BRYCE, S.A. and CLARKE, S.E. Landscape-level ecological regions: Linking state-level ecoregion frameworks with stream habitat classifications: **Environmental Management**, volume 20, número 3, p. 297-311. 1996.
- CÂMARA, G. Representação Computacional de dados geográficos. In: CASANOVA, M.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R.; CÂMARA, G. **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGEO. 2005.
- CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL DO BRASIL. **Portal**. Disponível em: <http://www.conservation.org.br>. Acesso em: 20/04/2012.
- CORRÊA, R. L. **Região e Organização Espacial**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1987. 93 p.
- 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.
- GIPE - Grupo Interdisciplinar de Pesquisas no Espinhaço. **Portal**. Disponível em: <http://gipeufmg.blogspot.com/>. Acesso em: 05/04/2011.
- GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**. Belo Horizonte. Volume 4, Nº 1-2, p. 7-15. 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**, volume 34, supl. 1, p. S1-S13, 2004.
- MINAS GERAIS. **Decreto nº 44.281 de 25 de abril de 2006**. Cria o Comitê Estadual da Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, MG. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9031> . Acesso em: 02/05/2013.
- OMERNIK, J. M. Ecoregions of the conteminus United States, **Annals of the Association of American Geographers**. Volume 77, Issue 1, p. 118 – 125. 1987.
- 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 Publishers, Boca Raton, Florida, 1995.

SCOLFORO, J. R. S. ; CARVALHO, L. M. T. de; OLIVEIRA, A. D. **Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2008. 161p.

BURROUGH, P.; McDONNELL, R. **Principles of Geographical Information Systems**. United States: Oxford University Press Inc. 1998. 333p.

UNESCO. **Portal de Ciências Ecológicas**. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/>. Acesso em: 30/09/2012.

UNESCO. **Portal do Programa MaB e as Reservas da Biosfera**. Disponível em: http://www.rbma.org.br/mab/unesco_01_oprograma.asp. Acesso em: 15/04/2011.

XIMENES, A. C. **Mapas auto-organizáveis para a identificação de Ecorregiões no interflúvio Madeira-Purus: uma abordagem da biogeografia ecológica**. 2008. 155p. 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**, volume 17, p. 445-462, 2003.