Utilização de análise de multicritério para delimitação de corredores ecológicos entre unidades de conservação no município de Ouro Preto – MG.

Jairo Rodrigues Silva [1]
Simei Gonderim de Jesus [1]
Cecília Félix Andrade Silva [1]
Frederico Wagner de Azevedo Lopes [2]

[1] Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Ouro Preto
Rua Pandiá Calógeras, 898 - 35400-000 – Ouro Preto - MG, Brasil
jairo.rodrigues@ifmg.edu.br; sgonderim@hotmail.com; cecília.andrade@ifmg.edu.br

[2] Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Av. Antônio Carlos, 6.627 - 132702-901 - Belo Horizonte - MG, Brasil
fwlopes@gmail.com

Abstract. Among the countless forms of promotion of the conservation of the biodiversity and the environmental compensation, are the ecological corridors, strategic means that can be protagonists in the planning of the territorial space. His utilization longs for the sensible use of the available natural resources. In this context, this work is going to carry out study for the identification of the possible options for the implementation of ecological corridors between the units of conservation: State park of the Itacolomi; Ecological Station of the Tripuí and Area of Environmental Preservation of the Cachoeira das Andorinhas. Such units are located in Ouro Preto city – MG. The implementation of ecological corridors in these areas of preservation of the fauna and flora also preserve its resources, although, the corridors are considered routes of facilitation of change genetic and the circulation of species of the fauna and flora, actions of government and social awareness are determining factors for the performance of its full function. The development of the research gave first through the revision of the bibliographical literature, utilization of analysis of multicriteria and subsequently, fieldwork for evidentiary purposes. The results permitted to delimit and analyze six possible ecological corridors utilizing itself of computational techniques of geoprocessing. The sensible adoption of the weights in the diverse variables utilized with the duty classification and analysis of maps permitted to identify the best options for possible ecological corridors.

Palavras-chave: geoprocessing, preservation and biodiversity, forest fragments, geoprocessamento, preservação e biodiversidade, fragmentos florestais.

1. Introdução

Elevados níveis de perturbações antrópicas tem afetado de maneira significativa o sistema ecológico. De acordo com Vianna (1998) a consequência evidente das perturbações é a fragmentação do ecossistema, onde grande parte dos remanescentes florestais encontram-se na forma de fragmentos florestais. Essas áreas destinadas à conservação e preservação da biodiversidade são elementos fundamentais para a garantia da conservação dos recursos naturais.

A fragmentação florestal traz como consequência a necessidade de interligar por meio de corredores ecológicos, habitats que foram divididos em pequenas porções. Inovações tecnológicas são cada vez mais utilizadas por permitirem analisar e interagir os dados da área de interesse, bem como processá-los por meio de técnicas computacionais de forma rápida, precisa e de fácil atualização.

O geoprocessamento é a ferramenta que se destaca dentre essas novas tecnologias, pois possibilita uma nova abordagem de análise e interpretação territorial, oferecendo maior precisão em relação às decisões tomadas. O uso das novas tecnologias deve estar atrelado às

ações do poder público que visem à preservação ambiental, garantindo a diversidade e sustentabilidade biológica por intermédio de técnicas adotadas que permitam minimizar os efeitos da fragmentação florestal.

Segundo Pereira et al. (2010), o planejamento de corredores ecológicos prioriza a diminuição dos efeitos negativos causados pela fragmentação territorial, e apontam a modelagem geográfica espacial, como meio para identificar soluções e gerar alternativas capazes de permitir articulações, promovendo assim a mobilidade que garante a permutação para a diversidade genética. Este trabalho propõe a delimitação de possíveis corredores ecológicos entre o Parque Estadual do Itacolomi com a Estação Ecológica do Tripuí (EET) e entre a APA Estadual Cachoeira das Andorinhas e a Estação Ecológica do Tripuí (EET) no município de Ouro Preto – MG.

2. Metodologia de Trabalho

Para o desenvolvimento da pesquisa, primeiramente realizou-se estudo bibliográfico, buscando base conceitual através da análise de um arcabouço teórico acerca da temática que envolve corredores ecológicos. Visando complementar a referida análise realizaram-se visitas de campo para validação dos dados acerca da área de estudo (Figura 1), a qual se encontra situada no município de Ouro Preto-MG.

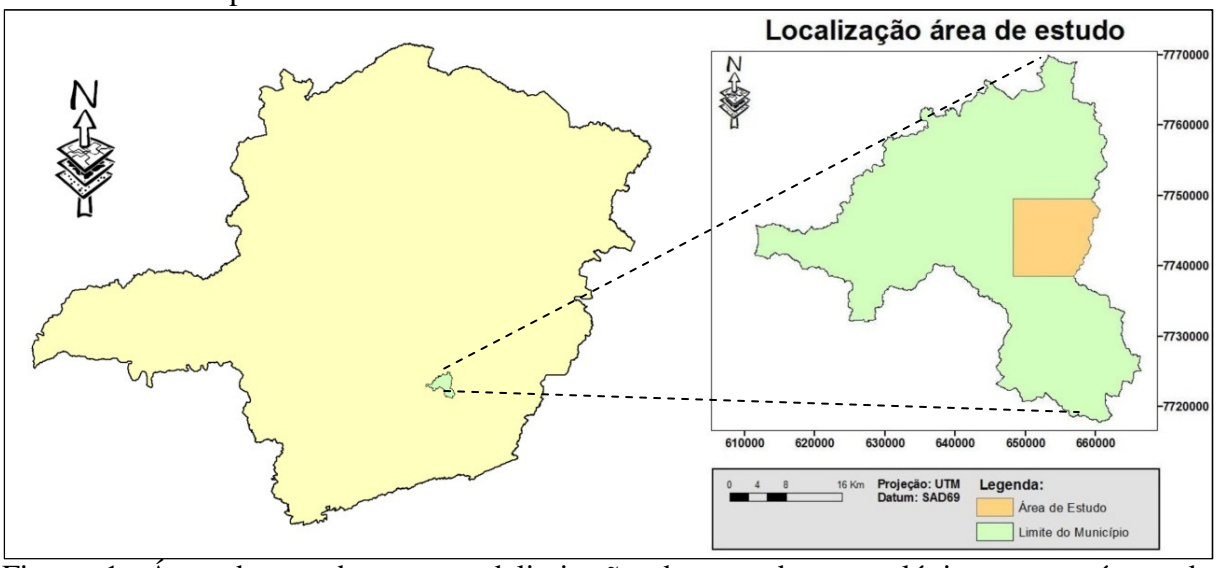

Figura 1. Área de estudo para a delimitação de corredores ecológicos entre áreas de preservação no município de Ouro Preto-MG.

A base de dados utilizada para a confecção dos mapas de Uso e Ocupação, Declividade, APP Topo de Morro, Hidrografia, Zona de Proteção Ambiental (ZPAM) e Sede foram provenientes do banco de dados da tese de doutorado de Silva (2012). Posteriormente foram empregadas técnicas de análise de multicritério para identificação das áreas prioritárias para a delimitação de corredores ecológicos.

Marques et al. (2011) propõe que para a delimitação das áreas mais adequadas para a implantação de corredores ecológicos, é necessário primeiramente definir a área de estudo, em seguida selecionar os dados e informações necessários, seguidos de critérios e subcritérios para fins de análise. Posteriormente se faz necessário realizar a interação das informações utilizando-se das ferramentas de análise espacial, para auxiliar na delimitação dos possíveis corredores.

Sendo assim, nesta pesquisa foram selecionados os dados referentes à declividade, hidrografia, APP topo de morro, ZPAM e unidades de conservação. Foi analisada a importância dos mesmos e atribuídos os pesos para cada variável utilizada, e por fim, a

realização da análise de multicritérios. Conforme Altoé et al. (2005), o recorte da área exclui dados não significantes, reduzindo, assim, a quantidade de dados processados.

Para a delimitação da área de estudo levou-se em consideração os limites do município de Ouro Preto, as áreas de proteção ambiental e as áreas que se encontram entre as unidades protegidas. Por meio de análise visual, delimitou-se a área de estudo, criando-se um polígono no formato *shapefile* da área desejada através do software ArcGis 10®, posteriormente recortou-se os dados que foram utilizados para a realização da análise, adotando-se pesos que variaram de 0 a 10 segundo a adequabilidade de cada classe existente.

Visando identificar as áreas mais propícias à implantação de corredores ecológicos voltados a interligar as unidades de conservação PEIT, EET e APA Estadual da Cachoeira das Andorinhas, atribuiu-se pesos as variáveis. Os maiores pesos foram atribuídos as áreas que apresentam as melhores condições para uma possível implantação de corredores ecológicos. Os menores pesos indicam condições inadequadas para implantação de corredores ecológicos ou que necessitam de um alto grau de manejo para implantação dos mesmos.

Além do banco de dados já existente da área de estudo elaborou-se o mapa temático de Uso e Cobertura do Solo (Figura 2), a partir da imagem de satélite RapidEye 2012, através de uma classificação supervisionada no software Spring 5.2, onde fora gerada as classes de Mineração, Lagos, Área Urbana, Solo Exposto, Vegetação Arbórea, Vegetação Arbustiva e Vegetação Rasteira.

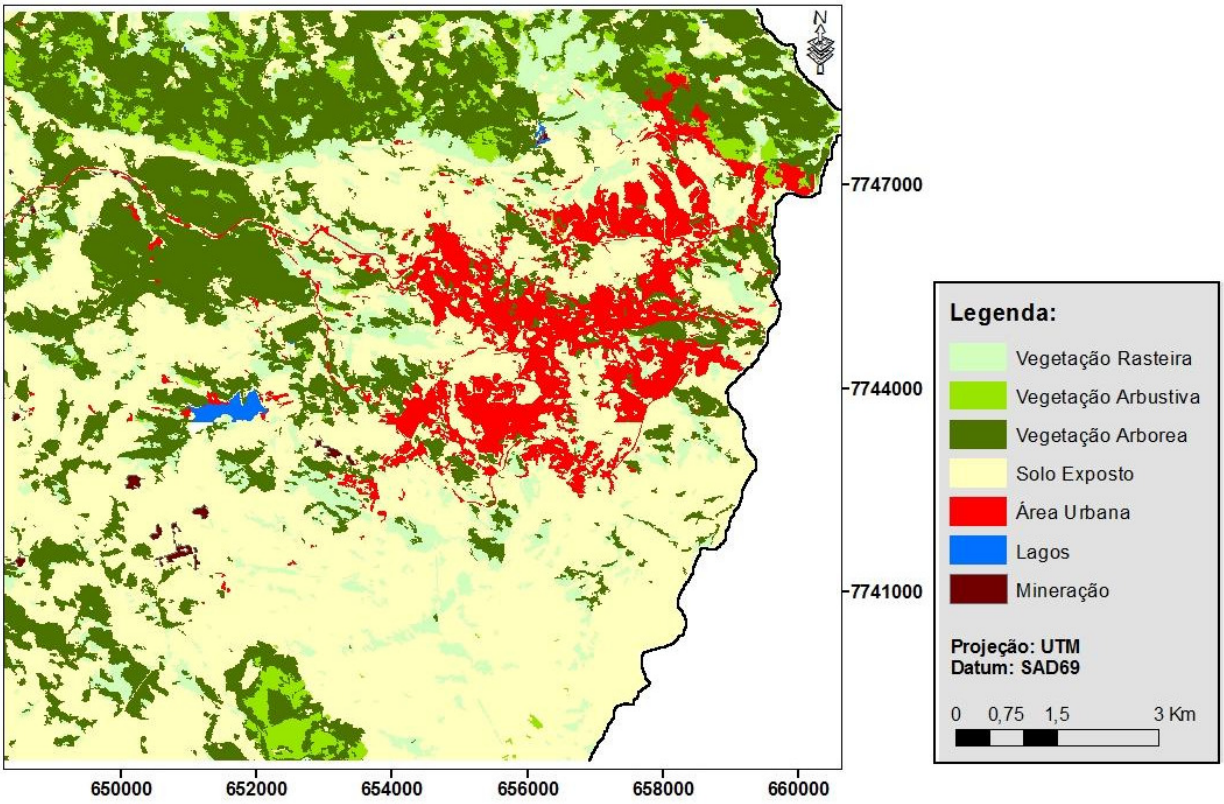

Figura 2. Mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo.

Depois de inserir todos os dados no Sistema de Informação Geográfica (SIG), criou-se um mosaico e recorte da área de estudo utilizando o software ArcGis 10®. No total foram sete classes de interesse para uso e cobertura de solo da área objeto de estudo, logo em seguida foram atribuídos pesos em relação ao grau de interesse, de acordo com a adequabilidade para implantação de um corredor ecológico.

Foram adotados pesos significativos para vegetação rasteira, arbustiva e arbórea os quais receberam peso dez, por se tratarem de áreas que apresentam interesse para a preservação, e

consequentemente são consideradas áreas propícias à implantação de corredores ecológicos, uma vez que a área de estudo encontra-se em uma zona de transição, cuja vegetação é constituída por áreas de florestas de Mata Atlântica, Cerrado e Campos Rupestres.

Nas variáveis referentes à Área Urbana e Mineração foi atribuído peso zero para cada uma delas, devido à pressão que causa descaracterização do território, sendo estas áreas de baixo interesse para a implantação de corredores ecológicos conforme pode ser observado na literatura sobre o assunto. Já a variável referente ao Lago, obteve peso zero por ser inviável uma rota adequada sobre o mesmo.

Enquanto isso, na variável que indica Solo Exposto foi definido um peso quatro, por se tratar de uma área que não é considerada adequada, mas possuidora de características que permitem o fluxo de espécies e que podem passar por um planejamento voltado à recomposição florestal, devendo assim haver investimentos para se alcançar tal fim.

Após inserir os dados de imagem no Sistema de Informações Geográficas (SIG), e realização de recorte da área de interesse, realizou-se analises das variáveis e atribuição dos pesos e notas para cada variável utilizada na pesquisa.

Foi realizada análise sobre a hidrografia e áreas de mata ciliar, sendo considerada neste caso, a distância do leito do rio, estabelecendo quatro classes. Após ter gerado o *Buffer*, ferramenta do software ArcGis 10® capaz de criar áreas de influência em uma distância específica, realizou-se o recorte com relação a classe anterior, evitando a sobreposição dos dados, posteriormente efetuou-se a união dos arquivos gerados. Em seguida houve a reclassificação de acordo com a dimensão do *buffer*, que receberam pesos (Tabela 1) de acordo com o grau de adequabilidade para implantação do corredor.

Tabela 1. Atribuição de pesos as classes da variável hidrografia e áreas de mata ciliar.

Distância do Leito	**Peso**
0 ~ 10m	10
10 ~ 30m	7
30 ~ 50m	5
50 ~ 100m	2

Para elaboração do Mapa de Zona de Proteção Ambiental, utilizou-se da base de dados da Prefeitura Municipal de Ouro Preto (PMOP) correspondente a sede do município. Posteriormente foi realizada a reclassificação das Zonas de Proteção Ambiental (ZPAM), na qual foi atribuída para estas áreas específicas, uma nota de peso sete. Pois há neste caso, uma pressão dinâmica quanto à urbanização da sede do município. Portanto, mesmo sendo áreas destinadas à proteção ambiental, há uma pressão e ação social sobre as mesmas, fazendo com que não sejam considerados os caminhos mais adequados para implantação de corredores ecológicos. Exigindo assim uma avaliação cuidadosa.

O peso sete atribuído para Área de Preservação Topo de Morro levou em consideração a lei 4.771 e o fato de que estas áreas podem ser utilizadas para a delimitação de corredores ecológicos, mas, apesar de serem protegidas não são consideradas como as mais propícias para implantação de corredores ecológicos.

O arquivo da mancha urbana da sede do município proveniente do banco de dados da Prefeitura Municipal de Ouro Preto (PMOP) que se encontrava em formato vetorial, também fora transformado para o formato matricial. O passo seguinte foi à reclassificação, onde fora atribuído peso três, por se tratar de uma área urbanizada que dispõe de baixo interesse para a implantação de corredor ecológico.

A declividade apresentou quatro classes, utilizado valores de 0 a 5%, 5 a 30%, 30 a 47% e superior a 47% que após análises obtiveram pesos de acordo com a adequabilidade, quando se tratando de implantação de corredores ecológicos. Respectivamente os pesos adotados foram

quatro, cinco, oito e dez (Tabela 2). Estas classes perpassam desde áreas sujeitas às inundações, tais como fundo de vales, que possuem baixo grau de elevação até áreas de relevo íngreme, não indicada a ocupação urbana, devido ao risco que apresentam.

Tabela 2. Atribuição de pesos em relação à declividade.

Declividade	Peso
0 ~ 5%	4
5 ~ 30%	5
30 ~ 47%	8
> ~ 47%	10

Os pesos atribuídos nas classes sobre declividade considerou o nível de interesse para a preservação e para a ocupação. São apresentadas abaixo algumas condicionantes que contribuíram para a definição dos pesos adotados.

- 0 ~ 5% podem se caracterizar áreas sujeitas à inundação.
- 5 ~ 30% áreas propícias à ocupação urbana.
- 30 ~ 47% áreas passíveis de ocupação, desde que apresentado estudo técnico de sua viabilidade.
- > ~ 47% áreas que não deverão ser ocupadas, devido ao risco iminente que apresentam.

Para a determinação da largura dos corredores ecológicos, considerou-se a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 1996) cuja largura fixa deve ser pelo menos 10% do comprimento total do corredor, sendo a largura mínima de 100 metros.

Para elaborar a síntese de interesse ambiental, optou-se pela reclassificação das variáveis das classes utilizadas, atribuindo a elas valores de acordo com o grau de interesse para a preservação ambiental, que variavam entre baixo, médio, e alto, posteriormente foram atribuídos pesos para cada uma das variáveis utilizadas no processo (Tabela 3), resultando na análise de multicritérios.

Tabela 3. Atribuição de pesos adotados para os mapas gerados.

Mapas	Peso
APP Topo de Morro	20
Declividade	5
Hidrografia	10
Sede	5
Uso e Cobertura	40
ZPAM	20
Total	**100**

Ao final do processo, foram indicadas as melhores áreas para a implantação de corredores ecológicos, o que possibilitou retratar a distribuição espacial, e assim definir as rotas mais adequadas. Vale ressaltar que os maiores pesos indicam onde os corredores devem ser implantados, como por exemplo, áreas com presença de vegetação nativa.

É importante ressaltar que assim como na metodologia utilizada por Altoé et al. (2005) não foram considerados critérios de exclusão, podendo o corredor ecológico cruzar barreiras não convenientes, tais como estradas, solo exposto, rede de transmissão de energia elétrica.

Um fator importante na tomada de decisões foi à distribuição de valores qualitativos em cenários otimistas na elaboração dos mapas. Em todo o processo de delimitação dos corredores, os pesos foram deliberados em função da adequabilidade, considerando os aspectos físicos e biológicos da área de estudo.

3. Resultados e Discussão

A pesquisa permitiu definir as áreas mais favoráveis à delimitação de corredores ecológicos, identificando assim a melhor rota para implantação dos mesmos. Na análise levou-se em consideração que estes devem ser capazes de efetuar de maneira significativa a permutação genética entre as áreas de proteção que se encontram isoladas, e, caso seja de interesse público, auxiliar os órgãos interessados na escolha das melhores áreas para um possível processo de implantação de corredores interligando as unidades de conservação da biodiversidade utilizadas no estudo.

Respeitando a resolução do CONAMA (1996) quanto à implantação de corredores ecológicos, foi delimitado, utilizando-se como base os dados obtidos com o método de análise de multicritérios, seis corredores que permitem interligar as unidades de conservação presentes na área de estudo. Neste processo foi considerado o melhor traçado, analisando as condições favoráveis, através de escolha ponderada em relação ao mapa de síntese de interesse.

As etapas adotadas na utilização da metodologia descrita permitiram destacar a importância de se analisar as diferentes variáveis para a compreensão da realidade local. Os resultados se mostraram eficazes para identificação das melhores áreas para a implantação dos corredores ecológicos, realidade essa comprovada nas atividades de campo realizadas. No entanto, fatores relacionados à ocupação urbana, atividade mineradora, rodovias de acesso à sede do município e linhas de transmissão de energia, próximos das unidades de conservação, constituem-se problemas que necessitam atenção e exigem ser enfrentados com determinação, demandando maiores estudos do impacto dos mesmos nos corredores propostos.

Dessa forma, foi apresentada a realidade complexa das áreas que podem constituir-se como corredores ecológicos. Por se tratarem de áreas propícias, através do seu aspecto natural e que ainda não sofreram muito com a ação antrópica, se tornam excelentes meios para estabelecer conexão entre as unidades de conservação. Dentre os seis corredores propostos os corredores 1 e 5 (Figura 3) são aqueles indicados como as melhores opções, por apresentarem rotas relativamente curtas e bem evidenciadas pela vegetação. Ainda que não indicados como as melhores opções, a área apresenta outras alternativas em potencial para implantação de possíveis corredores.

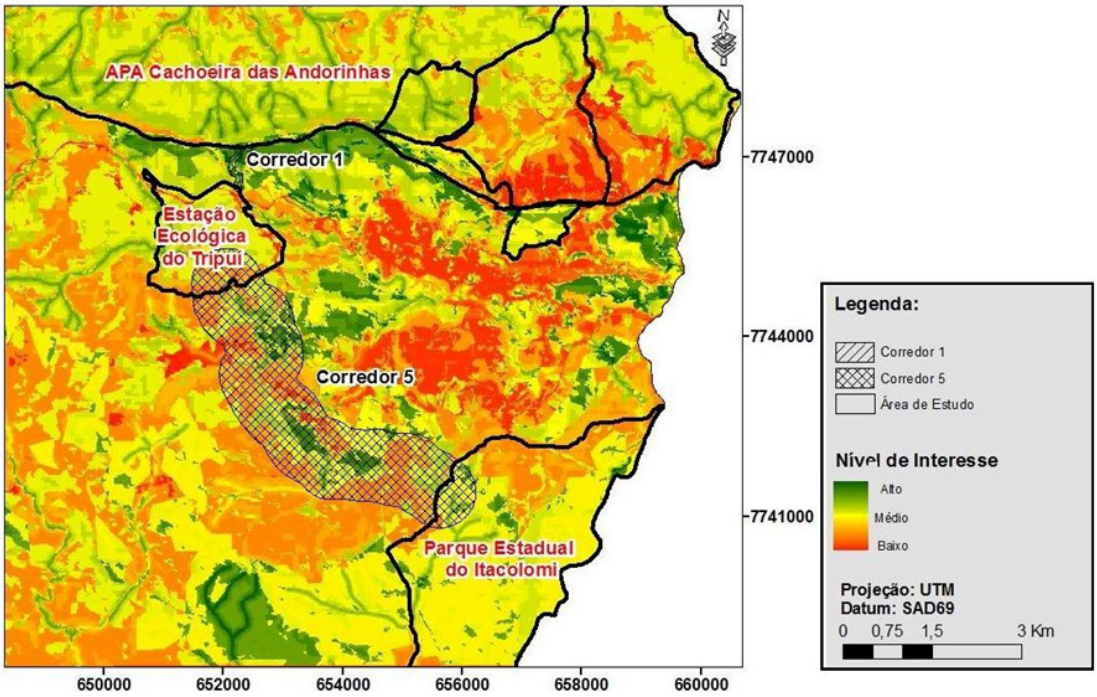

Figura 3. Possíveis corredores ecológicos indicados como as melhores opções.

Os resultados obtidos permitiram avaliar as áreas mais favoráveis ou de elevado potencial a partir do uso de análise de multicritérios, indicando as duas melhores propostas de corredores ecológicos os quais apresentam condições técnicas favoráveis para implantação, demonstrando assim condições específicas para conexão das unidades de conservação por hora fragmentada.

4. Conclusões

A metodologia utilizada para delimitar corredores ecológicos interligando áreas fragmentadas se mostrou eficaz. As possibilidades através do uso de técnicas de detecção remota e análise computacional no diagnóstico da paisagem, fragmentação florestal, uso e cobertura da Terra, dentre outras variáveis representam avanços do planejamento espacial.

A partir dos dados utilizados e os resultados obtidos, conjuntamente com a validação em campo, permitiram afirmar que os pesos adotados em relação à adequabilidade espacial de cada uma das variáveis e as notas atribuídas a cada uma delas, permitiram chegar a um diagnóstico condizente com a realidade, pois se verificou nas áreas identificadas como potenciais corredores ecológicos, manchas significativas de vegetação natural.

Os espaços territoriais adotados para implantação de corredores que apresentam as melhores características conforme observações em campo foram classificados em padrões de interesse entre médio e alto, reforçando assim, a eficácia do Sistema de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta para identificação de áreas prioritárias. Os resultados obtidos são dados geográficos significativos e relevantes, se tornando verdadeiras ferramentas que auxiliam no gerenciamento de recursos naturais.

Caso seja adotada a implantação de corredores entre as unidades de conservação estudadas, este trabalho tenderá a trazer importantes contribuições uma vez que retrata a realidade local identificando as áreas de maior interesse, mas é importante ressaltar que o estudo da viabilidade e manejo do corredor se fará necessário e deve ser adotado, outro estudo estrutural completo e relacionados entre si sobre comprimento, tamanho e forma, auxiliará na obtenção de resultados voltados nas funções premissas de um corredor ecológico, a dispersão da biodiversidade em áreas fragmentadas. Para realizar a delimitação de corredores ecológicos é fundamental a aplicação da Lei nº 9.985/2000 a qual adverte sobre o plano de manejo e a criação de zonas de transição e amortecimento no entorno de unidades de conservação, devendo haver um estudo criterioso.

Visando dar continuidade a esta pesquisa, faz-se necessário, identificar e mapear outros fatores de pressão. Impedimentos como a mineração, dificultam a recuperação eficaz das espécies, principalmente da flora, visto que a possibilidade de reflorestamento após atividades mineradoras podem não respeitar espécies nativas, alterando, portanto a naturalidade das espécies regionais. Outra relevante questão que demanda uma investigação aprofundada é referente à existência de vias de acesso secundárias não pavimentadas no corredor ecológico que o torna vulnerável podendo provocar a mortandade, captura de animais silvestres e focos de incêndio e por fim a identificação e mapeamento das linhas de transmissão de energia elétrica, pois estas exigem manutenção preventiva e consequentemente o desmatamento inerente à sua existência.

5. Referências bibliográficas

ALTOÉ, Renan Taufner; OLIVEIRA, Julio Cesar de; RIBEIRO, Carlos Antônio Álvares Soares. **Sistema de informações geográficas na definição de corredores ecológicos para o Município de Conceição da Barra-ES.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12 (SBSR), p. 1995-2002, 2005. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.16.25.12/doc/1995.pdf> Acesso em: 03 mar. 2013.

BRASIL, Lei. 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art**, v. 225, p. 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União,** Brasília, 19 jul. 2000. Seção 1, pt. 1.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 9, de 24 de outubro de 1996. Define parâmetros e procedimentos para a identificação e proteção de corredores entre remanescentes de vegetação. **Diário Oficial da União**, nº 217, de 7 de novembro de 1996, Seção 1, páginas 23069-23070.

MARQUES, Luciene et al. Metodologia para definição de áreas favoráveis para implantação de corredor ecológico, utilizando ferramenta do Sistema de Informação Geográfica. In: **XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2011.**

PEREIRA, Miguel Ângelo Silva; SOUSA NEVES, Nuno Alexandre Gouveia de; FIGUEIREDO, Diogo Francisco Caeiro. Considerações sobre a fragmentação territorial e as redes de corredores ecológicos. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 16, n. 2, p. 5-24, 2010.

SILVA, Jairo Rodrigues. **Conformidades e conflitos ambientais no município de Ouro Preto como apoio à gestão e planejamento municipal**. 2012. 313f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VIANA, Virgílio M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.