

Metodologia para definição de áreas favoráveis para implantação de corredor ecológico, utilizando ferramenta do Sistema de Informação Geográfica

Luciene Marques¹
Lucas Grandinetti¹
Rodrigo Augusto da Silva Ferreira¹
Giovanni Souza Reis¹

¹Limiar Engenharia Ambiental
Rua Desembargador Jorge Fontana, nº 80, conjunto 701/706, 30320-670 - Belvedere - Belo Horizonte - Minas Gerais

{lucienemarques, lucas, rodrigo, giovannireis}@limiarambiental.com.br

Abstract. The idea to connect the habitats to facilitate the contact between the faunistics taxocenose have been broadly discussed by researchers. However, there are only few projects of this nature that have been implanted in Brazil. The understanding and the identification of the variable incorporated to the area of study are the main challenger and determinant to the success of the ecological (biodiversity) corridor's project. This study presents the methodology to define the favorable areas to implant the ecological corridors between the Reserva Particular do Patrimônio Natural Feliciano Miguel Abdala and the Estação Ecológica de Ipanema, located on the east side of the state of Minas Gerais, by analyzing the georeferenced information systems. The study was measured through a multicriterial analyzes to create a value index. By the results reached, special analyzes tools and digital elevation model were used to define the most favorable paths to implant the ecological corridors at the area of study. The analyses were improved by the evaluation of the local occurrence of the muriqui do norte, *Brachyteles hypoxanthus*, the main specie at the present study. The selection of the specie was due to the fact it is endangered and it is very vulnerable to the fragmentation of habitats. The results reached on the study consist on important tools to the decision making, increasing the chances of the project to succeed because it shows the identification and integrated interpretation of variables that are determinants on ecological corridors projects.

Palavras-chave: habitat fragmentation, Multi-Criteria Decision Analysis, Ikonos image, value index, fragmentação de habitats, análise multicritério, imagem Ikonos, índice de valoração

1. Introdução

Corredor ecológico, de biodiversidade, de dispersão, de habitat, são diferentes terminologias para designar áreas de conectividade entre habitats com as mesmas características, em meio a um mosaico de ambientes hostis, impermeáveis para a maior parte das espécies, para promover o aumento da área de vida de determinado(s) taxa(s), resultando no restabelecimento das trocas genéticas.

A idéia de conectar habitats para facilitar o contato de populações isoladas vem sendo amplamente discutida, apesar de existirem diferentes opiniões sobre o tema. Vários são os trabalhos que discutem o tema, porém, poucos estudos demonstram efetivamente, de forma prática, a contribuição ecológica de corredores ecológicos. Em revisão sobre o tema, Beier e Noss (1998) analisaram trinta e dois trabalhos relacionados aos efeitos de corredores ecológicos para diversas espécies ou grupos de vertebrados terrestres, sendo que apenas cerca de 35% deles apresentaram evidências de benefícios na manutenção da biodiversidade ou de alguma espécie ou grupo-focal. Hannon e Schmeigelow (2002) observaram que a criação de corredores ecológicos em nada contribuiu para incrementar o fluxo de espécies de aves entre habitats conectados; Horskins *et al.* (2006) observaram que a criação de conexões entre habitats não proporcionaram a troca genética entre populações (anteriormente separadas) de duas espécies de pequenos roedores.

Contudo, vários pesquisadores conseguiram demonstrar efeitos positivos de corredores ecológicos (após as avaliações contidas em Beier e Noss, 1998) no aumento da movimentação de várias espécies da fauna entre habitats conectados (ex. Haddad *et al.*, 2003; Perault e Lomolino, 2000; Johnsingh e Williams, 1999) e é consenso entre pesquisadores e estudiosos que as benefícios de conectar habitats são indiscutivelmente maiores que os efeitos negativos, que podem ser considerados pontuais.

A aplicabilidade de corredores ecológicos advém e se baseia em conceitos ecológicos bem mais antigos como a teoria da biogeografia de ilhas, de Macarthur e Wilson (1967), que abordam diversos aspectos relacionados a metapopulações, relação espécie X área e dispersão de espécies por *stepping stones*.

No Brasil, essa estratégia de conservação vem sendo construída dentro do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, que contempla a criação de corredores ecológicos na Amazônia e Mata Atlântica, com estratégias distintas e específicas de acordo com as peculiaridades de cada um destes importantes biomas brasileiros. Este projeto abrange sete grandes corredores que correspondem a cerca de 25% das florestas tropicais úmidas do Brasil, sendo cinco deles localizados na Amazônia e dois na Mata Atlântica (MMA, 2007).

É nesse contexto que a idéia de conectar a Estação Ecológica de Ipanema - EEI (Ipanema-MG, Brasil) à RPPN Feliciano Miguel Abdala - RPPN FMA (Caratinga-MG) foi concebida. Faz parte de um projeto maior, que visa estabelecer contato entre as populações de muriquis (*Brachyteles hypoxanthus*) presentes na Mata do Sossego (Simonésia) e na RPPN FMA.

Dessa forma, o presente trabalho vem apresentar uma metodologia para a definição de áreas favoráveis à implantação de corredor ecológico entre a RPPN FMA e a EEI, através de um SIG - Sistema de Informação Geográfica, que segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2010), permite, a partir dos dados capturados e tratados, perceber a distribuição espacial do tema em estudo, representados em mapas para melhor interpretação e análise, constituindo, portanto, uma importante técnica para subsidiar a tomada de decisão.

2. Metodologia de Trabalho

Para determinar as áreas potenciais para implantação de corredor ecológico, foram estabelecidas quatro etapas, representadas na Figura 1.

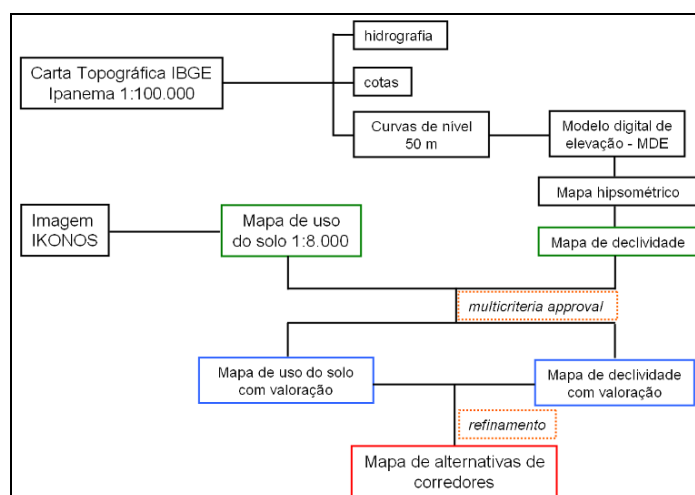


Figura 1: Fluxograma ilustrando as etapas de elaboração dos mapas de análise.

A primeira etapa consistiu na definição da área de estudo, considerada neste trabalho como a área compreendida entre a RPPN FMA e a EEI, localizada na sub bacia do rio Manhuaçu, leste de Minas Gerais, Brasil. Para a delimitação desta área, traçou-se uma linha unindo a menor distância entre as duas unidades de conservação (UCs). O *off set* da área de estudo corresponde a 2,5 (dois e meio) quilômetros de distância de ambos os lados desta linha correspondente à menor distância entre as UCs, conforme Figura 2.

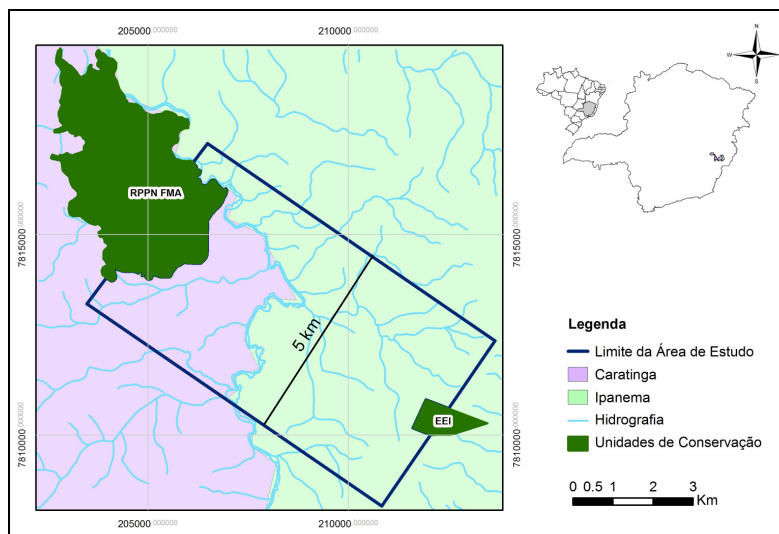


Figura 2: Localização e definição da área de estudo

Na segunda etapa fez-se a seleção dos dados e informações através do site do IBGE e recorreu-se ao software ArcGIS 9.3 (ERSI) por apresentar um conjunto de ferramentas para aplicações cartográficas. O desenho de uso do solo foi elaborado por meio da classificação da imagem IKONOS (obtida em 01.02.2009) e por visita a campo, para refinamento da classificação. Foram identificadas 11 classes de uso do solo.

O desenho de declividade foi elaborado automaticamente a partir de um Modelo Digital de Elevação, gerado através de cartas topográficas do IBGE, que permitiu definir as categorias de declividade. Para tal, utilizou-se como parâmetro inicial as áreas de proteção permanente, com declividade $>45^\circ$, definidas em legislação específica (Res. CONAMA 303/02).

Uma das ferramentas disponíveis no SIG, usuais no envolvimento de problemas de caráter espacial para a abordagem de diversos temas, consiste na análise multicritério. O processo de definição de um corredor ecológico entre duas ou mais áreas depende do confronto de inúmeros critérios e interesses de partes heterogêneas e conflitantes envolvidas (*stakeholders*). A gestão de interesses entre as partes envolvidas constitui talvez, o fator limitante mais significativo na implementação de projetos desta complexidade (Hostmann *et al.*, 2005).

Dessa forma, na terceira etapa, foram definidos 2 critérios de análise, compostos por vários sub critérios: 1) uso e ocupação do solo e 2) declividade do terreno. Estes dois critérios permitem avaliar as áreas mais desejáveis para se implantar o corredor. Entende-se como áreas mais desejáveis aquelas que potencialmente causarão menores níveis de conflitos socioeconômicos e que apresentam condições técnicas mais favoráveis para a conexão de habitats.

Após definição dos critérios e sub critérios de análise, elaborou-se uma matriz de decisão, que foi encaminhada para técnicos de diferentes áreas do conhecimento (*multicriteria approval* - ver em Kangas e Kangas, 2003). Cada profissional utilizou a valoração e a escala a seu critério e nenhum participante teve acesso aos dados. Quanto maior o valor atribuído a determinado fator mais restritivo o mesmo era considerado. Visando o nivelamento das valorações, em função principalmente das diferentes escalas e valores utilizados, cada valor individual atribuído aos sub critérios (VISc) foi dividido pelo somatório de todos os VISc de determinada categoria, criando-se assim, índices de valoração (IV), conforme Equação 1.

$$IV = \frac{VISc}{\sum VISc} \quad (1)$$

Os índices de valoração (IV) foram posteriormente multiplicados por 10 para as análises do ArcGIS, uma vez que tal *software* não reconhece números fracionados. Visando a redução do desvio padrão, foram eliminados os valores máximos e mínimos de cada uma das matrizes de decisão.

Para obtenção da cartografia final, efetuou-se o cruzamento das informações, feitos por meio de ferramentas de análise espacial, para auxiliar nas delimitações das áreas, utilizando-se a ordem visual (tonalidade de cores) para a representação temática. Para determinar intervalos de classes utilizou-se o modo de classificação manual e *natural Breaks* (Jenks).

3. Resultados e Discussão

3.1. Índice de Valoração - IV

As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados obtidos no processo de *multicriteria approval*, para cada um dos critérios definidos no estudo.

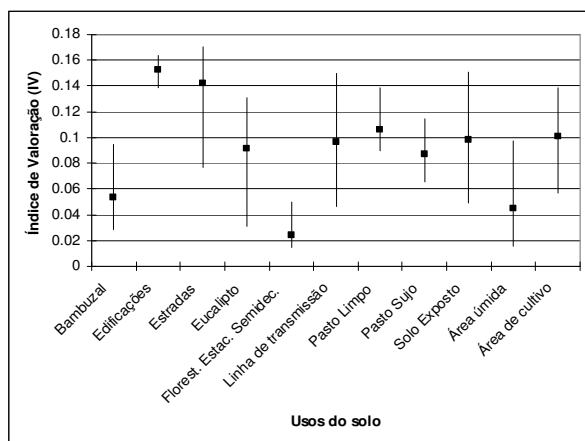


Figura 3: Resultados da matriz de decisão para usos do solo

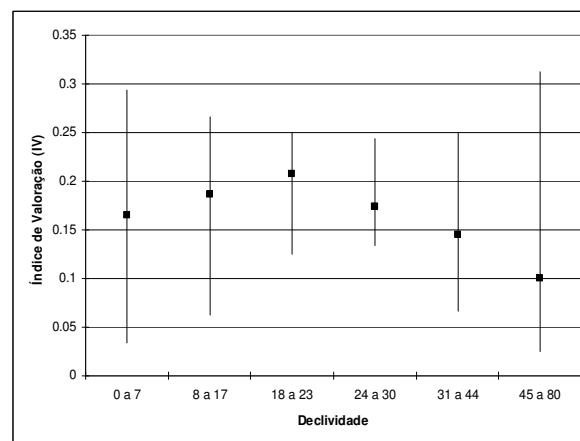


Figura 4: Resultados da matriz de decisão para declividade

3.2. Mapas Base

Foram identificados 11 tipos de uso do solo na área de estudo, sendo os fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e áreas de Pastagem (pasto limpo + pasto sujo) os mais representativos (43,85 e 45,39%, respectivamente).

De acordo com Baum *et al.* (2004) e Pinto e Keitt (2009), a eficiência de corredores ecológicos na dispersão de espécies por *stepping stones* depende da configuração do mosaico de habitats. A configuração deste mosaico determina a permeabilidade do mesmo, tornando-o

mais ou menos hostil para determinado(os) tipo(os) de organismo(s). Dessa forma, para a definição de corredores ecológicos, a proporção de determinado tipo de uso do solo na área de interesse nem sempre representa o aspecto mais relevante. O arranjo do mosaico de tipos de uso do solo representa o fator que deve ser cuidadosamente avaliado.

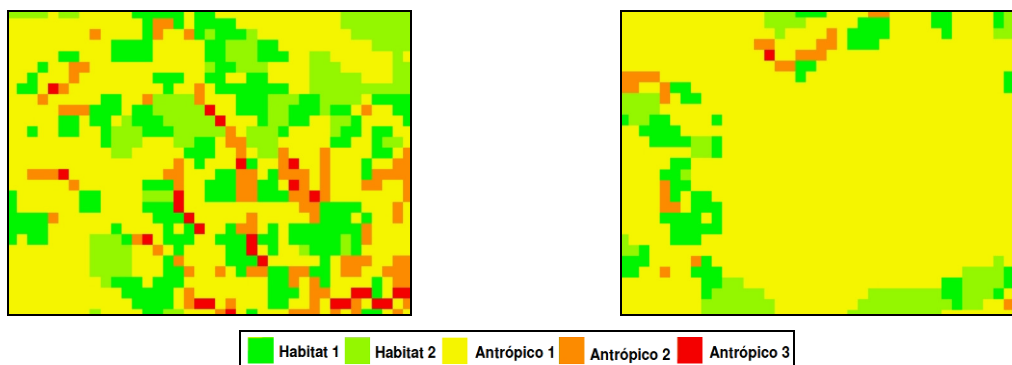


Figura 5: Mosaico hipotético de usos do solo mais favorável para implantação de corredores

Figura 6: Mosaico hipotético de usos do solo menos favorável para implantação de corredores

Por meio da avaliação da imagem de satélite IKONOS e por meio de reconhecimento *in loco*, foi elaborado o mapa de uso do solo.

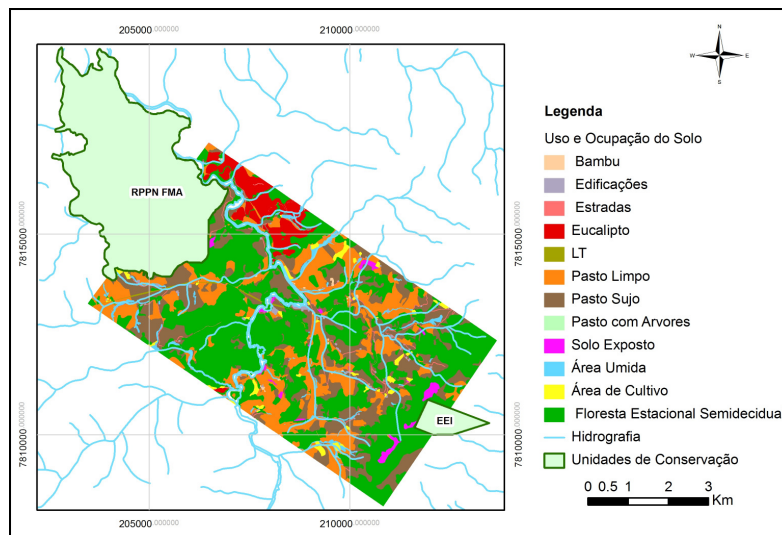


Figura 7: Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo

O mapa hipsométrico foi gerado a partir do modelo digital de elevação (MDE), originado da carta topográfica do IBGE (folha Ipanema 1:100.000). O mapa de declividade foi elaborado a partir deste material.

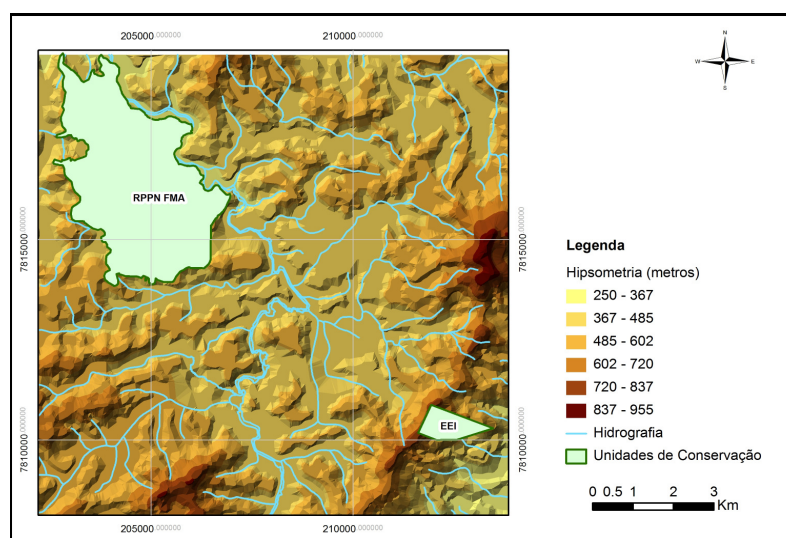


Figura 8: Mapa Hipsométrico obtido pelo modo de classificação manual

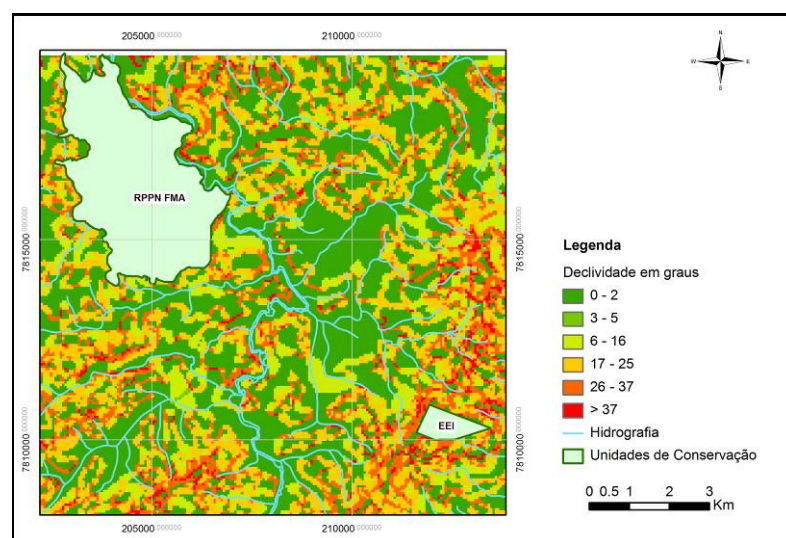


Figura 9: Mapa de declividade do terreno da área de estudo (legenda em graus, definida pelo modo de classificação *natural Breaks - Jenks*)

3.3. Definição da espécie-focal

Para refinamento do processo de seleção das áreas desejáveis para a criação de conexões entre habitats, selecionou-se como espécie focal o miquiqui (*Brachyteles hypoxanthus*). A seleção de espécie ou grupo focal é comumente observada para direcionamento de discussões que abrangem um amplo espectro de variáveis (Bani et al., 2002).

A seleção do miquiqui como espécie focal se baseia em vários fatores, especialmente, por ser considerada uma das espécies de mamíferos com maior risco de extinção na região, ser dependente de áreas de mata, por necessitar de uma área de vida relativamente extensa para a manutenção de populações viáveis em longo termo, etc. Dessa forma, como a área de estudo encontra-se em área de Mata Atlântica e que as espécies dependentes de áreas florestadas encontram-se hoje confinadas aos pequenos e isolados remanescentes florestais da região,

assume-se o fato de que ações voltadas à conservação dos muriquis, surtirão efeitos positivos diretos para as demais espécies da fauna local.

3.4. Obtenção do desenho final

A definição das áreas mais favoráveis para a implantação da conexão da EEI e a RPPN FMA foi resultado da interseção de áreas com características físicas e biológicas mais favoráveis, este último critério levando em consideração as exigências ecológicas primordiais do muriqui.

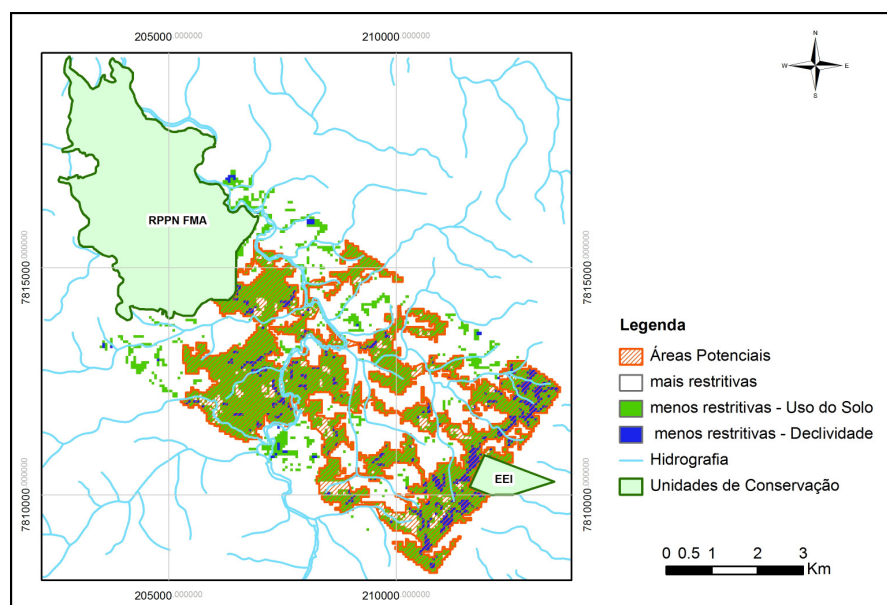


Figura 10: Aspecto final do mapa com as áreas desejáveis para a criação de conectividade entre a RPPN FMA e EEI.

4. Conclusões

Projetos de Corredores Ecológicos são complexos tendo em vista que um leque heterogêneo de variáveis e de difícil identificação, são determinantes no sucesso de projetos desta natureza.

Análises de Sistemas Informação Geográfica constituem poderosas ferramentas de tomada de decisão, permitindo a análise integrada e visual de um grande número de variáveis, subsidiando a elaboração de estratégias de conservação e manejo dos recursos naturais.

Agradecimentos

Agradecemos à Limiar Engenharia Ambiental pela oportunidade de desenvolvimento do trabalho, à Conservação Internacional do Brasil pelo fornecimento de informações e documentos técnicos disponíveis sobre a área de estudo; à Bárbara Costa pela tradução do resumo e ao Rogério Suzuki pelas revisões no documento final.

Referências Bibliográficas

Bani, L.; Baietto, M.; Bottoni, L. e Massa, R. The Use of Focal Species in Designing a Habitat Network for a Lowland Area of Lombardy, Italy. **Conservation Biology**. 16 (3): 826–831. 2002.

- Baum, K. A.; Haynes, K. J.; Dilleuth, F. P. e Cronin, J. T. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. **Ecology**. 85(10): 2671-2676. 2004.
- Beier, P. e Noss, R. F. Do Habitat Corridors Provide Connectivity? **Conservation Biology**. 12 (6): 241–1252. 1998.
- Haddad, N. M.; Bowne, D. R.; Cunningham, A.; Danielson, B. J.; Douglas J. Levey, D. J.; Sargent, S. e Spira, T. Corridor use by diverse taxa. **Ecology**. 84 (3): 609–615. 2003.
- Hannon, S. J. e Schmiegelow, F. K. A. Corridors may not improve the conservation value of small reserves for most boreal birds. **Ecological Applications** 12(5): 1457-1468. 2002.
- Horskins, K.; Mather, P. B. e Wilson, J. C. Corridors and connectivity: when use and function do not equate. **Landscape Ecology**. 21: 641-655. 2006.
- Hostmann, M., Bernauer, T.; Mosler, H. J., Reichert, P. e Truffer, B. Multi-Attribute Value Theory as a Framework for Conflict Resolution in River Rehabilitation. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**. 13: 91–102. 2005.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 15 setembro. 2010.
- Johnsingh, A. J. T. e Williams, A. C. Elephant corridors in India: lessons for other elephant range countries. **Oryx**. 33 (3): 210–214. 2001.
- Kangas, J. e Kangas, A. Multicriteria Approval and SMAA-O Natural Resources Decision Analysis with both ordinal and cardinal criteria. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**. 12: 3-15. 2003.
- MacArthur, R. H. e Wilson, E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton University Press (Princeton, NJ). 1967.
- MMA. **Corredores Ecológicos: Experiências em planejamento e implementação**. Secretaria de Biodiversidade e Floresta, Programa Piloto para a Conservação das Florestas Tropicais do Brasil. Brasília. 57 p. 2007.
- Perault, D. R. e Lomolino, M. V. Corridors and mammal community structure across a fragmented, old-growth Forest landscape. **Ecological Monographs**. 70(3): 401-422. 2000.
- Pinto, N. e Keitt, T. H. Beyond the least-cost path: evaluating corridor redundancy using a graph-theoretic approach. **Landscape Ecology**. 24: 253–266. 2009.