

## ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONECTIVIDADE ENTRE POPULAÇÕES DE *Chiroxiphia caudata* (TANGARÁ DANÇARINO) EM UMA PAISAGEM FRAGMENTADA DA MATA ATLÂNTICA

### ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF CONNECTIVITY BETWEEN POPULATIONS OF *Chiroxiphia caudata* (“TANGARÁ DANÇARINO”) IN A FRAGMENTED LANDSCAPE OF ATLANTIC FOREST

André Lima<sup>1</sup>, Milton César Ribeiro<sup>2</sup>, Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>, Miguel Antônio Vieira Monteiro<sup>1</sup>, Marcos Adami<sup>1</sup>, José Marcelo Torezan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 - São José dos Campos, SP, Brasil; <sup>2</sup> Universidade de São Paulo – USP, Rua do Matão, trav. 14, nº 321, Cidade Universitária, CEP: 05508-90, São Paulo – SP; <sup>3</sup> Universidade Estadual de Londrina – UEL, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, CEP 86051-990, Londrina, PR, Brasil.  
e-mail: <sup>1</sup> [andre@dsr.inpe.br](mailto:andre@dsr.inpe.br)

#### RESUMO

O bioma Mata Atlântica é tido como um dos mais ameaçados ecossistemas do planeta, integrando a lista de hotspots formulada por Miers et al. (2002), a qual destaca 25 ambientes do globo que possuem alta diversidade e/ou endemismo e que estão gravemente ameaçados; portanto, áreas prioritárias para conservação. Davenport e Rao (2002) citam a criação de redes de unidades de conservação como a estratégia de conservação *in situ* mais difundida. No entanto, o estabelecimento de redes de unidades de conservação é uma política onerosa e passível de conflitos sócio-econômicos. Lindenmayer e Franklin (2002) sugerem que o zoneamento das atividades econômicas desenvolvidas na matriz diminuiria a necessidade da apropriação de terras para a criação de redes de unidades de conservação. Em consonância com as idéias de Lindenmayer e Franklin (2002) este trabalho simulará o potencial de conectividade entre populações de *Chiroxiphia caudata* (Tangará Dançarino) em uma paisagem fragmentada da Mata Atlântica no Norte do Paraná. Os resultados obtidos diagnosticaram a porosidade da matriz e deram subsídios para o zoneamento das atividades econômicas desenvolvidas; a fim de tornar a paisagem permeável ao fluxo gênico das espécies, assegurando sua perpetuação.

#### ABSTRACT

The Atlantic Forest biome is considered as one of the most threatened ecosystems in the world, being included in the hotspots list compiled by Miers et al (2002), which highlights 25 world ecosystems possessing high diversity and/or endemism, and which are severely threatened, being thus priority areas for conservation. Davenport and Rao (2002) cite the creation of conservation unit networks as the most common *in situ* conservation strategy. However, the establishment of conservation unit networks is a policy both onerous and susceptible to social and economical conflicts. Lindenmayer and Franklin (2002) suggest that the zoning of economical activities existing on the matrix would reduce the necessity of land appropriation for the creation of conservation unit networks. Agreeing with the ideas of Lindenmayer and Franklin (2002), the present work simulates the connectivity potential between *Chiroxiphia caudata* (Tangará Dançarino) populations in a fragmented Atlantic Forest landscape, located in the north of Paraná state, Brazil. The obtained results diagnosed the matrix porosity and subsidized the zoning of economical activities, in order to make the landscape permeable to the genetic flux of the studied species, ensuring its conservation.

**Key words:** GIS, biodiversity conservation, matrix maintenance, Analytical Hierarchy Process.

## INTRODUÇÃO

O intenso processo de fragmentação sofrido pelo bioma Mata Atlântica no transcorrer de quinhentos anos de ocupação européia e a presença de 20 mil espécies de plantas (sendo 40% delas endêmicas), 934 espécies de aves (15,4% são endêmicas) e 465 espécies de anfíbios (das quais 61,8% são endêmicas); o coloca entre os 25 *hotspots* do globo listados por Miers et al. (2000). Diante do exposto, fica evidente a necessidade de implantação de mecanismos de conservação/preservação das espécies que compõe o bioma Mata Atlântica.

O estabelecimento de redes de unidades de conservação tem sido a estratégia mais considerada pelos organismos ambientais responsáveis pela conservação *in situ* (DAVENPORTE e RAO, 2002). Porém, a continua perda de habitat e o alto preço das terras sob o domínio da Mata Atlântica fazem com que se, selecionem, priorizem áreas a serem conservadas.

É certo que, dada a “cristalização” da configuração da paisagem e a importância econômica assumida pelo espaço antes coberto pelo *continuum* florestal, o preço da terra apresenta-se como o principal entrave ao estabelecimento de redes de unidades de conservação na Mata Atlântica. Lindenmayer e Franklin (2002) sugerem como solução a este empecilho o zoneamento de uso da matriz, a fim de torná-la mais porosa. Desta forma, não haveria a necessidade de se comprar diversas áreas de terras e mesmo desativá-las economicamente através da legislação ambiental empregada às unidades de conservação.

As regiões geográficas do Estado do Paraná conhecidas como Norte Pioneiro e Norte Novo se enquadram fielmente a descrição feita acerca da realidade da Mata Atlântica. Tendo como principais especificidades sua recente e veloz degradação que, em menos de cinquenta anos passados do início do século XX, configuraram-nas como uma paisagem fragmentada e com menos de 5% de remanescentes naturais (LIMA, 2001).

As principais formações vegetais que ocorrem nestas regiões são as Florestas Estacionais Semi-decíduais e as Florestas Ombrófilas Mistas. A configuração da paisagem destas duas regiões é heterogênea, com manchas de culturas agrícolas temporárias (soja, milho), perenes (café) e semi-perenes (cana-de-açúcar) nos terrenos com declividade abaixo de 15%, nos terrenos com maior declividade e/ou mais arenosos destaca-se o uso da pastagem, os fragmentos florestais estão esparsos e em sua maioria estão nas áreas de relevos mais movimentados.

Desta forma, o trabalho objetiva avaliar o potencial de conectividade (i.e. fluxo gênico) a longo prazo entre populações da espécie *Chiroxiphia caudata* (Tangará Dançarino) em uma paisagem fragmentada do Norte do Paraná. Com a geração de tal cenário será possível analisar a porosidade da paisagem, bem como, ter subsídios para a configuração de um zoneamento das atividades econômicas que tornem a paisagem permeável ao fluxo gênico das espécies, assegurando sua perpetuação.

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo considerada neste trabalho situa-se na porção nordeste do Estado do Paraná. microrregião de Cornélio Procópio (Figura 1). A precipitação pluviométrica local, de março de 1997 a fevereiro de 1998, foi de 1.572 mm, com média mensal de 131 mm. Nesse período, a temperatura máxima média anual foi 28,7°C, a mínima média 17,1°C e a média anual 22,9°C. Nele predomina a cultura da cana-de-açúcar e soja, mas persistem matas do tipo estacional semidecidual submontana.



Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de <http://pt.wikipedia.org/>  
Figure 1. Localization of the study area

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho tomou como base o mapa de cobertura da terra executado por Adami (2003) através de imagens do sensor ETM+ de 2002. Em tal mapeamento foram contempladas as seguintes classes de cobertura: Floresta; Área Agrícola; Cana-de-açúcar; Pastagem; Área Urbana, e; Corpo Hídrico (Figura 2).

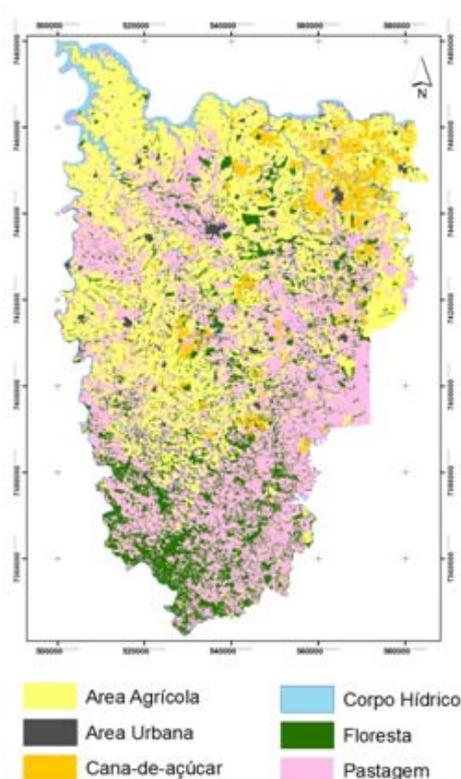


Figura 2. Mapa de cobertura da terra das microrregiões de Cornélio Procópio e Assaí, Paraná, referente ao ano de 2002.  
Figure 2. Land cover map of the microregions of Cornélio Procópio and Assaí, Paraná, referring to the year of 2002.

A espécie utilizada para a simulação da porosidade da paisagem, *Chiroxiphia caudata*, foi selecionada do banco de listagens de espécies do programa Biota/Fapesp (com base em três critérios adotados pelo mesmo programa na seleção de espécies alvo (BIOTA/FAPESP, 2008), foram estes (em negrito as características nas quais se enquadra a espécie *Chiroxiphia caudata*):

- 1) Requerimento de Área (alto, **MÉDIO**, baixo);
- 2) Capacidade de deslocamento na matriz (alta, **MÉDIA**, baixa);
- 3) Susceptibilidade a perturbação antrópica (**ALTA**, baixa).

Os dados do Biota/FAPESP foram utilizados por se tratar da maior sistematização de listagens de espécies da Mata Atlântica, e por a *Chiroxiphia caudata* ser uma espécie de grande abrangência de ocorrência em nada limitou o fato do programa Biota atuar apenas no Estado de São Paulo (Figura 3).

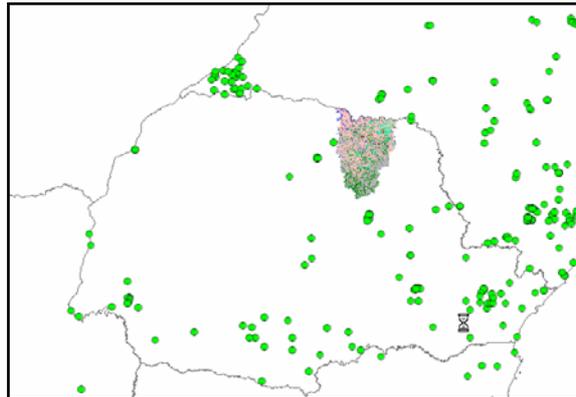


Figura 3. Localização de registros da espécie *Chiroxiphia caudata*. Fonte: Adaptado de banco de dados organizado pelo Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação, IB/USP.

Figure 3. Localization of presence of the *Chiroxiphia caudata*.

Cabe dizer que o conhecimento da biologia da espécie, revelada por rica literatura, também foi considerada na escolha da *Chiroxiphia caudata* (STOTZ et al., 1996; DEVELEY & METZGER, 2006; DEVELEY & MARTENSEN, 2006; FRANCISCO et al., 2007; HANSBAUER et al., 2008.). Tal literatura mostrou a viabilidade de se montar o experimento com base na espécie considerada (Figura 4).



Figura 4. *Chiroxiphia caudata*, indivíduo do sexo masculino.

Fonte: [www.arthurgrosset.com/.../photos/chicau9664.jpg](http://www.arthurgrosset.com/.../photos/chicau9664.jpg)

Figure 4. *Chiroxiphia caudata*, individual of the masculine sex.

Escolhida a espécie, partiu-se para a definição dos fragmentos fontes de dispersão. Para tanto, selecionou-se os fragmentos com área interior acima de 100 ha descontando um efeito de borda de 120 m. A figura 5 mostra a preferência da espécie por áreas interiores entorno de 100 metros da borda, outros estudos que consideram medidas próximas de 100 metros para caracterizar o efeito de borda na região também deram

suporte a decisão de se estipular 120 m de efeito de borda (HANSBAUER et al., 2008a; TOREZAN, 2004) – figura 5.

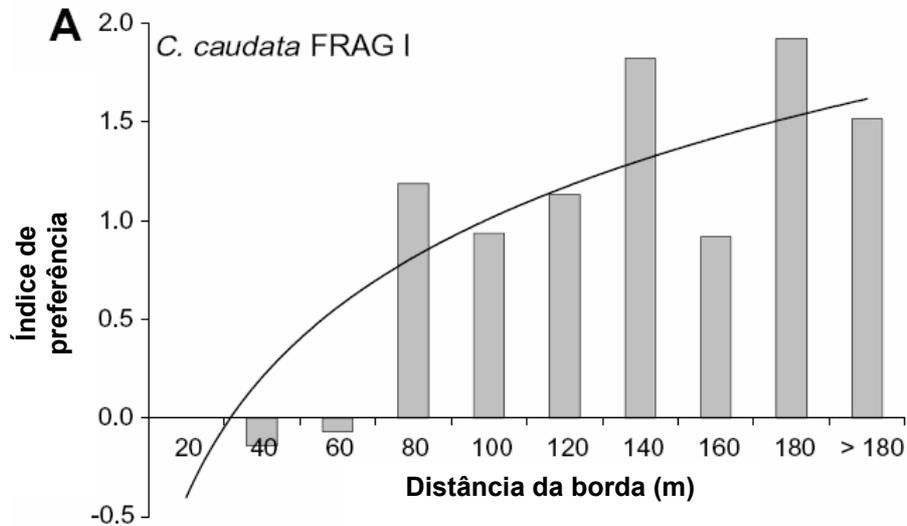


Figura 5. Sensibilidade ao efeito de borda. Fonte: Adaptado de Hansbauer et al., 2008b.  
Figure 5. Sensitivity to the edge effect.

Aplicado o critério de seleção de áreas fontes foram levantados 27 fragmentos florestais. A partir de tais fragmentos foram extraídos os seus centróides a fim de localizar os potenciais pontos de partida e destino das populações de *Chiroxiphia caudata* na paisagem (Figura 6).

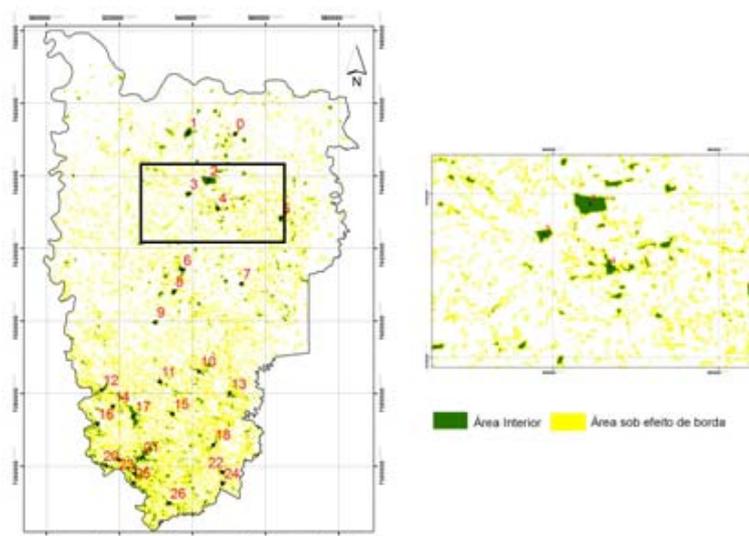


Figura 6. Mapa apresentando as áreas sob efeito de borda e os fragmentos escolhidos como fontes populacionais da espécie *Chiroxiphia caudata*.  
Figure 6. Map presenting the chosen areas under edge effect and the selected fragments chosen as population sources of the *Chiroxiphia caudata*.

Através do método de suporte a decisão *Analytical Hierarquical Process* (AHP) desenvolvido por Saaty (2008), definiu-se o peso relativo de cada classe de cobertura em termos da vagilidade da espécie para a respectiva cobertura. O aplicativo Spring (CÂMARA et al., 1996) tem implementado tal método de suporte a decisão, no entanto, traz consigo um limite de cinco fatores (classes) que podem ser comparados

pareadamente dentro de uma escala de importância relativa que varia de 1 (fator de igual importância) a 9 (maior distinção possível de importância entre os fatores), a razão de consistência das comparações foi de 0.097, valor considerado adequado, conforme Saaty (2008). Devido a esta limitação do aplicativo a classe *cana-de-açúcar* do mapa de cobertura foi agregada a classe *áreas agrícolas*. A tabela 1 apresenta os pesos obtidos pela aplicação do método AHP e os valores de custos para a população utilizar uma dada classe de cobertura.

Classe	Peso	Custo
Area Agrícola	0.12	0.81
Área Urbana	0.03	0.95
Lagos	0.07	0.89
Pastagem	0.16	0.74
Floresta	0.62	0.01

Tabela 1. O campo Peso refere-se aos valores obtidos através da aplicação do método AHP levando-se em consideração a vagilidade da espécie *Chiroxiphia caudata*. O campo Custo advém da normalização dos valores do campo Peso pelo máximo valor menos 1.

Table 1. The field Weight refers to the values acquired through the application of AHP method taking in consideration the “vagilidade” of the *Chiroxiphia caudata*. The field Cost came from the normalization of the values of the field Weight for maximum value minus 1.

Os valores de custo apresentados na tabela 1 foram relacionados às classes dos mapas de cobertura e para cada centróide representante de uma população de *Chiroxiphia caudata* (Figura 6) foram produzidas imagens que expressavam o custo de deslocamento. Tal produto baseou-se na distância do centróide e no custo associado à classe de cobertura (Figura 7).

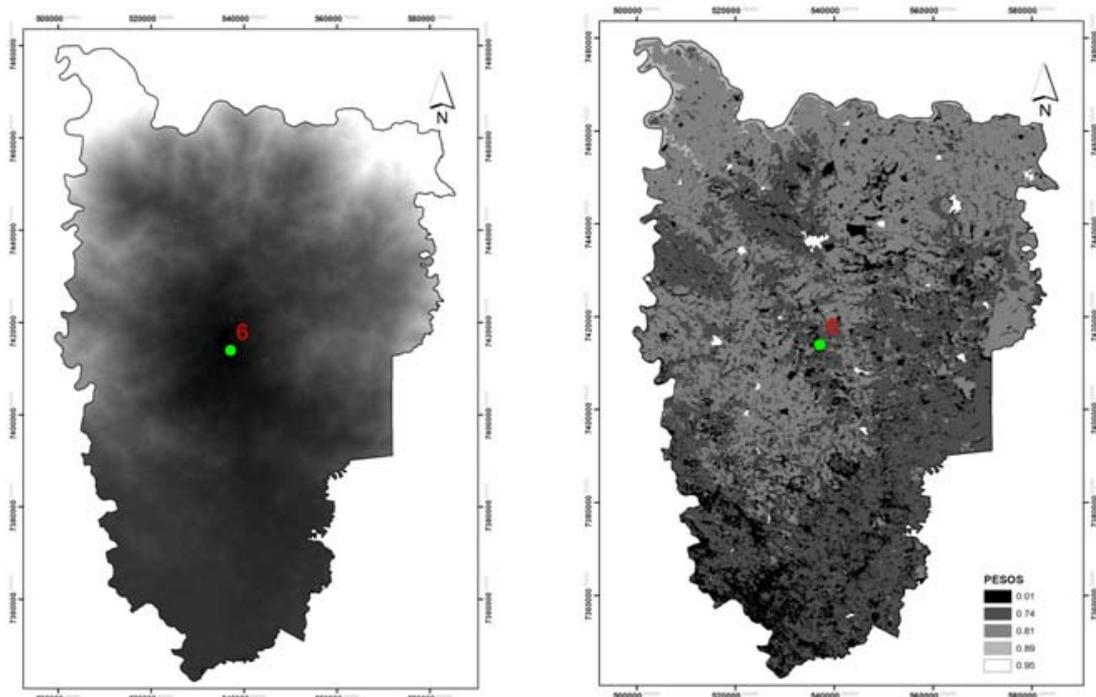


Figura 7. (a) Mapa de custo de deslocamento potencial da população seis de *Chiroxiphia caudata* levando em consideração a distância da origem (centróide) e o custo associado à vagilidade da população para determinada classe de cobertura (Figura 7b).

Figure 7. (a) Map of cost of potential displacement of the population six of the *Chiroxiphia caudata* taking in consideration the distance of the origin (centroid) and the associated cost to the “vagilidade” of the population for determined cover land class (Figure 7b).

Após o cálculo dos mapas de custos pode-se estabelecer a rede de conectividade potencial das populações de *Chiroxiphia caudata* na paisagem estudada (Figura 8). Foi nesta rede que se baseou todas as inferências sobre a paisagem estudada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rede de conectividade potencial das populações de *Chiroxiphia caudata* conforme o menor custo de uso da matriz é apresentada na figura 8.

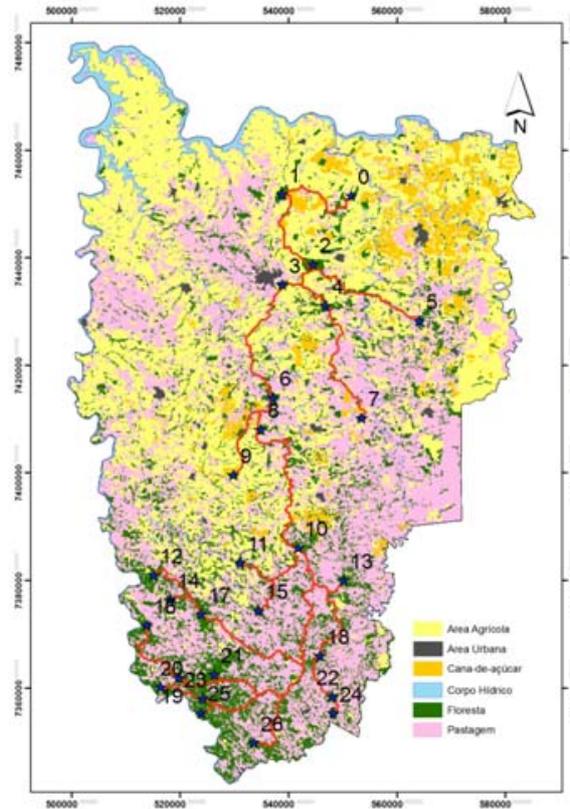


Figura 8. Rede de conectividade potencial das populações de *Chiroxiphia caudata*.  
Figure 8. Net of potential connectivity of the populations of *Chiroxiphia caudata*.

A figura 9 mostra que os trajetos mais custosos se concentram na porção norte da paisagem enquanto que na parte sul estão as conexões menos custosas. Este resulta é expressão do maior isolamento dos fragmentos e maior presença de matriz agrícola na região norte comparada a região sul da paisagem.

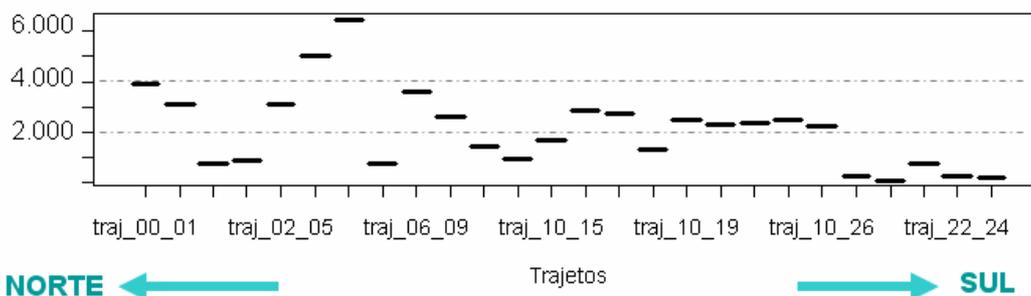


Figura 9. Gráfico apresentando os custos associados aos trajetos, conexões potenciais, das populações de *Chiroxiphia caudata*. A denominação, e.g., traj\_00\_01, refere-se a conexão entre a população 00 e a 01 e assim por diante (Vide Figura 6).

Figure 9. Graph presenting the costs associates to the routes, potential connections, of the populations of *Chiroxiphia caudata*. The denomination, e.g., traj\_00\_01, refers to the connection between population 00 and the 01 and so on (See Figure 6).

Assim como a figura 9 a figura 10 mostra claramente a diferença entre as regiões norte e sul da paisagem, no entanto, tal figura apresenta o custo médio de cada trajeto, suas informações resultam da divisão do custo total do trajeto pelo comprimento do mesmo. Ressalta-se se a distinção entre comprimento e custo, ou seja, evidencia a presença de uma região menos porosa na porção norte da paisagem (Figura 10).

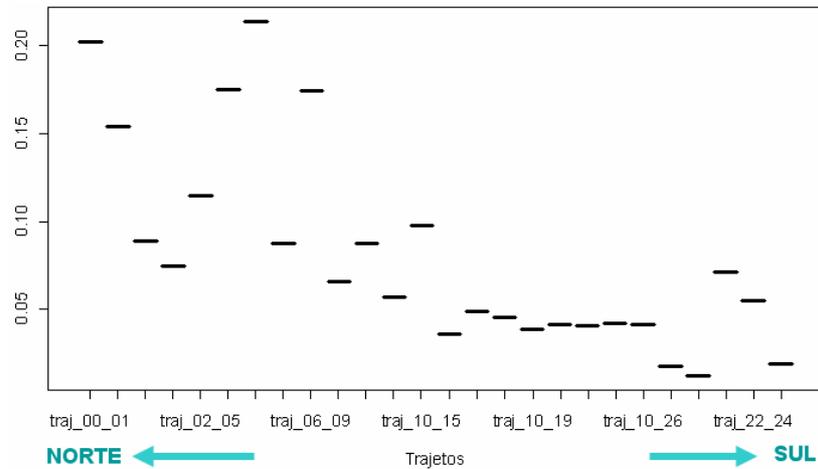


Figura 10. Custo médio dos trajetos (Custo total do trajeto dividido por seu comprimento).  
Figure 10. Average cost of the routes (total Cost of the route divided for its length).

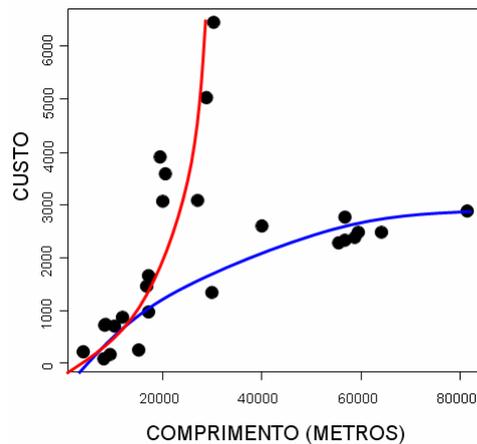


Figura 11. Dissociação entre o fator custo e comprimento do trajeto.  
Figure 11. Dissociation between the factor cost and length of the route.

Através de consultas a valores de custos arbitrários dos trajetos, onde 500 foi o valor mínimo e 4000 o valor máximo, teve-se a seguinte configuração de conexão potencial das populações de *Chiroxiphia caudata*, figura 12. Tal resultado indica as regiões onde possíveis ações mitigadoras teriam melhor resultado para conectividade da paisagem. Fica também expresso o *divortium* entre a região norte e sul da paisagem (Figura 12b).

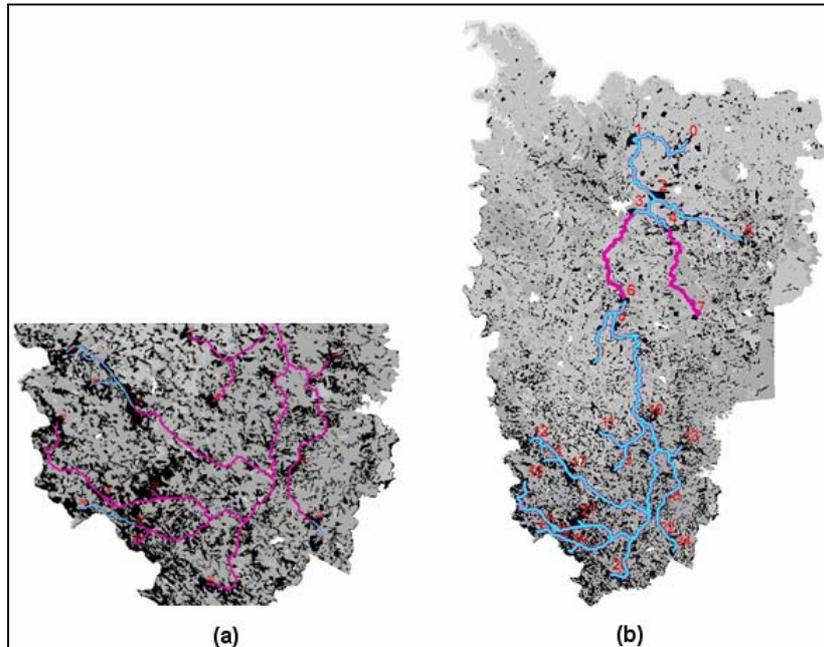


Figura 11. Em azul as populações conectadas até o custo de 4000, em rosa os trajetos desconexos. (a) Populações conectadas até o custo 500; (b) Populações conectadas até o valor 4000.

Figure 11. In blue the populations connected until the cost of 4000, in pink the disconnected routes. (a) Populations connected until cost 500; (b) Populations connected until value 4000.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada à escassez de dados biológicos a metodologia desenvolvida neste trabalho apresenta-se como via de entendimento da paisagem, podendo ser usada para guiar ações de restauração/conservação da biota regional.

Com relação as populações de *Chiroxiphia caudata*, verificou-se a existência de no mínimo duas regiões com alta barreira a conectividade. E a metodologia utilizada abriu a possibilidade de localizar a regiões onde ações mitigatória terão maior sucesso na conexão das populações da espécie analisada.

## REFERÊNCIAS

- ADAMI, M. *Estimativa de áreas agrícolas por meio de técnica de sensoriamento remoto, geoprocessamento e amostragem*. 2003. 183 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. *Computers and Graphics*, v.15, p.13-22, 1996.
- DAVENPORT, L.; RAO, M. História da proteção: paradoxos do passado e desafios do futuro. In: Terborgh, J; Schaik, van C.; Davenport, L.; Rao, M (eds). *Tornando os parques eficientes: estratégias para a conservação da natureza nos trópicos*. Curitiba: UFPR, 2002, p. 52-73.
- DEVELEY, P. F.; METZGER, J. P. 2006. Emerging threats to birds in Brazilian Atlantic forests: the roles of forest loss and configuration in a severely fragmented ecosystem, in: Laurance, W.F., Peres, C.A. (Eds.), *Emerging Threats to Tropical Forests*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 269-290.
- FRANCISCO, M. R.; GIBBS, H. L.; LUNARDI, V. O.; GALETTI, M.; GALETTI JUNIOR, P. M. Genetic structure in a tropical lek-breeding bird, the blue manakin (*Chiroxiphia caudata*) in Brazilian Atlantic Forest. *Molecular Ecology*, v. 16, p. 4908-4918, 2007.

- HANSBAUER, M. M.; STORCH, I., LEU, S.; NIETO-HOLGUIN, J. P.; PIMENTEL, R. G.; KNAUER, F.; METZGER, J. P. 2008. Movements of neotropical understory passerines affected by anthropogenic forest edges in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Biological Conservation* 141, 782-791.
- HANSBAUER, M. M.; STORCH, I.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. 2008b. Comparative range use by three Atlantic Forest understory bird species in relation to forest fragmented. *Journal of Tropical Ecology* 24, 291-299.
- LIMA, A.; RODRIGUES, E. Caracterização da paisagem florestal do Norte do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA. Porto Alegre – RS. 11/11 a 18/11.
- LINDENMAYER, D. B.; FRANKLIN, J. F. *Conserving forest biodiversity*. Island Press: Washington, DC. 347 p. 2002
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C.; FONSECA, G. A. B.; KENTAND, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853–8, 2000.
- SAATY, T. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 2008
- STOTZ, D. 1996. *Neotropical Birds: Ecology and Conservation*. Chicago University Press, Chicago.
- TOREZAN, J. M. D. *Fragmentação florestal e prioridade para a conservação da biodiversidade*. 2004. São Carlos. 108 p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.