

Conectividade da rede de estradas como indicador de fragmentação florestal antropogênica: Uma aplicação à bacia do rio Macacu, RJ

Leonardo B. Lignani¹, Diogo C. Cabral², Simone R. Freitas³ & Rui Cerqueira¹

1 - Laboratório de Vertebrados, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), C.P. 68020, 21941-590, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, e-mail: leolignani@yahoo.com.br; 2 - Programa de Pós-Graduação em História Social, Departamento de História, Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Largo de São Francisco, 1, Centro, 20051-070, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; 3 - Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Laboratório de Ecologia e Biogeografia, Campus da Praia Vermelha, Boa Viagem, 24210-340, Niterói, RJ, Brasil

Introdução

Estradas estão entre as principais formas de alteração do ambiente provocadas pelo desenvolvimento humano. Entre os inúmeros impactos causados podemos citar: remoção direta do habitat original, alterações na estrutura da paisagem, modificação do comportamento da fauna local, aumento na mortalidade de animais devido a colisões com veículos, alterações físico-químicas nas áreas mais próximas à estrada relacionada a efeitos de borda, facilitação no estabelecimento de espécies exóticas, alteração no uso da terra, variações no escoamento superficial e sub-superficial de água e intensificação das atividades exercidas pelo homem (2, 3, 5). Diante de efeitos tão intensos e diversos, torna-se essencial a compreensão de como o desenvolvimento e expansão da rede de estradas afeta a estrutura da paisagem. Nos estudos ecológicos sobre os efeitos das estradas, geralmente encontramos como parâmetros avaliados a densidade da rede viária (km/km²) (9), a distância do habitat estudado à estrada (8) e a densidade do tráfego de veículos (7). Apesar de ser consenso que a análise da estrutura da rede também é importante, raros são os estudos que a realizam, utilizando, por exemplo, parâmetros como a conectividade da rede. Esta seria uma importante variável a ser avaliada, pois a complexidade da rede viária poderia estar relacionada com a utilização do espaço pelo homem. Redes de estradas mais conectadas facilitariam o acesso a determinadas áreas, resultando em pressões antrópicas mais intensas no habitat local (ex., caça, extrativismo, agricultura), culminando em profundas alterações na paisagem (ex., fragmentação florestal).

Objetivos

Neste estudo, investigamos o papel da conectividade da rede viária (ex.. a densidade de conexões ou nós) no processo de desflorestamento e fragmentação do habitat, reduzindo a área dos remanescentes e aumentando seu grau de isolamento. Parte-se da hipótese de que os efeitos das estradas podem ressoar a grandes distâncias das mesmas, em razão do fato delas produzirem fragmentação direta e, adicionalmente, facilitarem fragmentação indireta por meio do suporte às atividades humanas, que têm um claro efeito cumulativo vinculado à acessibilidade (3, 11). Estradas abrem novas áreas para a caça legal e ilegal (1), recreação (6) e propiciam o desenvolvimento da exploração madeireira, da agricultura e da mineração, além do crescimento de complexos industriais, comerciais e residenciais (10).

Material e Métodos

Foram estudados 11 fragmentos florestais de Mata Atlântica na Bacia do Rio Macacu, sendo 4 localizados no município de Guapimirim e 9 no de Cachoeiras de Macacu, no Estado do Rio de Janeiro. Para a realização do mapeamento dos fragmentos e da rede de estradas da região foram utilizadas fotografias aéreas ortogonais em preto e branco, de 1969, 1976 e 1996, nas escalas de 1:60.000, 1:40.000 e 1:20.000, respectivamente. Os dados extraídos foram processados através do programa ArcView GIS versão 3.1.1. Com base nas fotos aéreas escaneadas, delimitaram-se o contorno dos fragmentos e uma zona tampão (*buffer*) distante 1 km de sua borda. Dentro da zona tampão, todas as estradas (pavimentadas ou não) e outras áreas florestais foram mapeadas. Então, foram estimadas as seguintes variáveis: área e grau de isolamento dos fragmentos e conectividade da rede de estradas. A conectividade da rede de estradas foi estimada através do **Índice a**, uma das medidas estruturais baseadas na Teoria dos Grafos (4). Este índice utiliza a fórmula $(E - V + G) / 2V - 5$ (no qual E representa o número de segmentos de estrada entre dois vértices; V ou vértices, representando o número de ramificações ou pontos de encontro das estradas com a zona tampão; e G sendo o número de sub-grafos ou grupos de segmentos independentes), com os valores variando entre 0 e 1 (sendo 1 a rede com o grau máximo de conectividade). O grau de isolamento dos fragmentos foi acessado através de um indicador por nós criado e batizado de “permeabilidade configuracional do entorno”. Esta variável foi calculada através dos seguintes passos: (a) a partir da figura geométrica do fragmento, se encontrou seu centro de gravidade; (b) traçou-se segmentos de reta partindo do centro de gravidade e tangenciando as outras áreas de floresta (manchas encontradas dentro da zona tampão) até tocar a linha demarcatória da zona tampão; (c) considerou-

se como uma porção “permeável”, a porção da membrana da zona tampão localizada entre segmentos que tangenciem a mesma mancha; (d) somando-se as porções permeáveis e as dividindo pela extensão total da membrana, tem-se a permeabilidade do entorno do fragmento (0 a 100%, sendo 0 representando o fragmento mais isolado e 100% o com menor grau de isolamento, ou maior permeabilidade). Para verificar a influência da rede de estradas sobre a paisagem, os dados de conectividade foram correlacionados com os índices de isolamento e a área dos fragmentos através da Correlação de Pearson. Para esta análise, foram utilizados os dados obtidos para os 3 anos (1969, 1976, 1996).

Resultados

A conectividade da rede no entorno do fragmento apresentou uma correlação negativa com a área deste fragmento ($r^2 = -0,387$, $p < 0,05$), indicando que a conectividade da rede pode ser um indicador da pressão humana sobre o fragmento. Um aumento na conectividade pode indicar um uso mais intenso da área, ocasionando uma diminuição da área dos remanescentes florestais. Apesar de estar relacionada à área ocupada pelo fragmento, a conectividade da rede de estradas não se mostrou um fator importante na determinação do grau de isolamento ($r^2 = -0,2687$, $p > 0,05$). Embora influencie no tamanho do fragmento, a rede de estradas pode não estar relacionada com o tipo de uso do solo no entorno do fragmento (ex. cultivo, pasto). Portanto, um fragmento pode diminuir de tamanho mas apresentar em seu entorno uma grande quantidade de outros remanescentes.

Conclusão

A conectividade da rede de estradas pode ser indicadora da pressão antrópica sobre o próprio fragmento florestal (ex., ocasionando a redução na área do remanescente), influenciando assim na dinâmica da paisagem.

(Agradecemos ao CNPq, FAPERJ e PROBIO (PRONABIO/MMA/GEF))

Referência Bibliográfica

- (1) Ferreras, P., Aldama, J.J., Beltran, J.F., Delibes, M., 1992. Rates and causes of mortality in a fragmented population of Iberian lynx *Felis pardina* Temminck, 1824. *Biological Conservation* 61, 197-202.
- (2) Forman, R.T.T., 1998. Horizontal processes, roads, suburbs, societal objectives, and landscape ecology. In: J.M. Klopatek, R.H. Gardner (eds.). *Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications*. New York, Springer-Verlag.
- (3) Forman, R. T. T., Alexander, L. A., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 207-231.
- (4) Haggett, P., Chorley, R. *Network Analysis in Geography*. London: Arnold, 1969.
- (5) Harris, L.D., Hctor, T.S., Gergel, S.E., 1996. Landscape processes and their significance to biodiversity conservation. In: O. Rhodes Jr, R Chesser & M Smith (eds.), *Population Dynamics in Ecological Space and Time*. Chicago: Univ. Chicago Press, 317-349.
- (6) Matlack, G.R., 1993. Sociological edge effects: spatial distribution of human impact in suburban forest fragments. *Environmental Management* 17, 829-835.
- (7) Reijnen, R., Foppen, R., Braak, C. T., Thissen, J., 1995. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reductions of density in relation to the proximity of main roads. *Journal of Applied Ecology* 32, 187-202.
- (8) Santos, A. M., Tabarelli, M., 2002. Distance from roads and cities as a predictor of habitat loss and fragmentation in the caatinga vegetation of Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62 (4B), 897-905.
- (9) Saunders, S.C., Mislivets, M.R., Chen, J., Cleland, D.T., 2002. Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA. *Biological Conservation* 103, 209-225.
- (10) Seibert, P., 1993. Vegetation and man in South America from a historical perspective. *Phytocoenologia* 23, 457-493.
- (11) Trombulak, S.C., Frissell, C.A., 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14 (1), 18-30.