

Avaliação da estrutura da paisagem para o Parque Nacional Grande Sertão Veredas, através de análise de imagens de sensorimanto remoto.

FELIPE PONCE DE LEON SORIANO LAGO¹

HENRIQUE MARINHO LEITE CHAVES²

WOUGRAN SOARES GALVÃO³

¹Universidade de Brasília - UnB

Brasília – DF, Brasil

Greentec@solar.com.br

²Universidade de Brasília - UnB

Brasília – DF, Brasil

Hchaves@tba.com.br

³Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL

Brasília – DF, Brasil

Wougran@aneel.gov.br

Abstract The textural analysis of the remote sensing imagery may provide some indications about landscape composition due to internal variability of the land-cover types. The spatial diversity measures used in Landscape Ecology in ‘Parque Nacional Grande Sertão Veredas’ Reserve and its surrounding region performed a thematic classification in land-cover types and applied digital image processing techniques for remote sensing data. The spatial diversity index was derived from multispectral data transformed in NDVI image. The information obtained by this index with each land-cover class matched landscape categories.

Keywords: landscape ecology, textural analysis, spatial diversity, remote sensing, landscape pattern measures, landscape fragmentation.

Introdução

A paisagem é uma unidade heterogênea, composta por um complexo de unidades interativas (ecossistemas, vegetação ou de uso e ocupação das terras), cuja a estrutura pode ser definida pela área, forma e disposição espacial destas unidades (Opdam *et al.*, 1993). A estrutura da paisagem interfere na dinâmica de populações, alterando o risco de extinção e as possibilidades de deslocamento das populações pela paisagem (Andrén, 1994).

A maioria das paisagens é influenciada pela ação do homem e o mosaico de paisagens resultante é uma mistura de elementos naturais e antrópicos que variam em tamanho, forma e arranjo (Turner, 1989), de modo que as medidas usadas para descrever os padrões de paisagens podem ser aplicadas na análise de sua estrutura. Turner 1989 ressalta o potencial dos dados de sensoriamento remoto na análise da estrutura da paisagem, a partir das medidas de padrões espaciais ou de textura. Dentre estas medidas o índice de diversidade espacial parece refletir, adequadamente, o grau de variabilidade da paisagem e, conseqüentemente, revelar as tendências gerais da influência das atividades humanas sobre o mosaico da paisagem.

A textura é uma importante característica utilizada na interpretação visual de imagens e por esta razão, o uso de medidas de textura pode aumentar o desempenho de classificadores digitais, principalmente em imagens com alta resolução espacial. Ao contrário da informação espectral, que descreve a variação do nível de cinza de um pixel, a textura contém informações sobre a distribuição espacial dos níveis de cinza de uma região da imagem, incorporando informações sobre a variabilidade da vizinhança. (Marceau et al., 1989).

Galo e Novo (1998) utilizando-se de dados multiespectrais geraram imagens transformadas para à avaliação do grau de fragmentação e diversidade espacial da paisagem para o Parque Estadual Morro do Diabo e entorno (SP). A análise da textura foi realizada usando as imagens transformadas NDVI e Principal Componentes 1, observando a variabilidade espectral em uma janela 3X3 pixels. Os resultados obtidos mostraram-se efetivos na hierarquização de intervenções antrópica.

Ao ocorrer um processo antrópico de fragmentação do habitat, a estrutura da paisagem é modificada, resultando em mudanças na composição e diversidade das comunidades (Lord & Norton, 1990). As relações entre a estrutura da paisagem e diversidade de comunidades foram amplamente estudadas a partir dos anos 70, através da aplicação da teoria do equilíbrio dinâmico de ilhas a fragmentos de habitats continentais (Terborgh, 1974). Mais recentemente, a influência da estrutura da paisagem sobre a dinâmica de populações fragmentadas foi abordada em trabalhos baseados sobre a teoria de metapopulações (Hanski *et al.*, 1994). O objetivo principal nesta linha de pesquisa tem sido identificar o efeito e a importância dos diversos parâmetros da estrutura da paisagem, associados à fragmentação, sobre os processos fundamentais que determinam a dinâmica de populações e diversidade nas comunidades. Neste contexto, Metzger (1999), analisa três grupos de parâmetros: (i) a área e o isolamento dos fragmentos, (ii) a conectividade dos habitats e (iii) a complexidade do mosaico da paisagem.

A área do fragmento é, em geral, o parâmetro mais importante para explicar as variações de riqueza de espécies. Segundo Tangney *et al.* (1990), a área pode explicar mais de 80% da variância da riqueza. Para Forman (1985), a riqueza diminui quando a área do fragmento fica menor do que as áreas mínimas necessárias para a sobrevivência das populações. Esta área mínima, que varia em função da espécie considerada, é determinada pelo tamanho do território de um indivíduo e pelo número mínimo de indivíduos de uma população geneticamente viável. A diminuição da área acarreta em redução nos recursos e, por consequência intensifica as competições intra e inter-específicas.

A conectividade pode ser definida como a capacidade da paisagem em facilitar os fluxos biológicos de organismos, sementes e grãos de pólen (Forman, 1985). Este conceito é essencial na medida em que a sobrevivência das espécies em habitats fragmentados depende da capacidade destas espécies de atravessarem unidades distintas.

A fragmentação não se traduz espacialmente apenas pela perda em áreas e pela subdivisão de um habitat contínuo em manchas isoladas; a fragmentação leva também a um aumento na complexidade do mosaico de fragmentos que compõe a paisagem (Li *et al.*, 1993). A diversidade é definida pelo grau de variabilidade: quanto maior esta variabilidade, maior é a heterogeneidade (Li & Reynolds, 1994). Segundo Forman & Godon (1986); a ausência de perturbação tende a uma homogeneização da paisagem, uma perturbação moderada é fonte de heterogeneidade, e perturbações intensas podem ter consequências variadas.

Segundo Rolstad (1991), paisagens mais diversificadas favorecem o desenvolvimento de espécies generalistas, predadoras e parasitas, e aumentam assim indiretamente a mortalidade de

espécies sensíveis à fragmentação.

Área de estudos

O Parque Nacional Grande Sertão Veredas (PARNA GSV) situa-se no noroeste de Minas Gerais, possuindo uma área de 83.363 ha. Esta UC situa-se integralmente na bacia do Rio Preto, o qual é afluente do Rio Carinhanha (bacia do Rio São Francisco).

Resguardando uma área singular do Cerrado, O PARNA GSV caracteriza-se pela presença de grandes campos e pela ocorrência de extensas veredas. Em levantamento realizado por Machado *et al.*(s.d.), foram identificadas as seguintes fisionomias: cerrado *sensu stricto*, campo sujo, vereda, cerradão, mata ciliar e carrasco.

As principais ameaças a integridade do Parque correspondem a criação extensiva de gado com o conseqüente uso do fogo para a renovação do pasto e as grandes conversões de vegetação nativa em monoculturas de grãos. Estes monocultivos são feitos na área da chapada, que margeia o limite sudoeste do Parque. No caso da criação de gado, esta ocorre, não só em áreas do entorno, como também, no interior do Parque por fazendeiros que ainda não tiveram as suas terras indenizadas pelo IBAMA.

Neste momento vem sendo desenvolvido o Plano de Manejo do PARNA GSV, co-gerido pelo IBAMA em associação com a ONG FUNATURA.

Dados utilizados

Os dados multiespectrais foram obtidos pelo sensor TM em órbita na plataforma Landsat 5, utilizou-se as bandas 3, 4 e 5, nos quadrantes 220_070D e 220_71B. O imageamento foi realizado em 14 de agosto de 1998. A base de referência espacial foi a carta Buritis (MIR-395) na escala 1:250.000.

Metodologia adotada

As imagens foram transformadas do formato genérico TIF ao formato de processamento IMG do software *ENVI RT*, onde se realizaram todas as operações matriciais. Os dois quadrantes foram mosaicados por identificação e correlação entre o número da linha e coluna de determinada feição em cada cena.

O limite do Parque foi extraído por digitalização em mesa (*Sumagraphics*) controlada pelo software *ARC INFO*. O arquivo de linhas foi transformado a polígono bem como a construção de uma *BUFFER* externo de 10 Km que define a janela de trabalho. O pacote de *softwares ARC INFO/ARC VIEW*, foram o SIG responsável por todos os processamentos vetoriais.

A transformação espectral consistiu da produção de uma imagem de índice de vegetação do tipo NDVI. ($NDVI = [(banda\ 4 - banda\ 3)/(banda\ 4 + banda\ 3)]$)e sua normalização.

Foi realizada uma classificação não-supervisionada pelo método ISODATA visando separar por classes espectrais os dados contidos na cena. Esta classificação serviu de apoio a visita de campo, onde foram relacionados os padrões contidos nas imagens com a verdade do terreno

Durante o trabalho de campo foram coletados dados relativos à verdade do terreno em 24 pontos com o aparelho *GPS GARMIM 12*, sendo 2 pontos em cada classe definida pelo ISODATA. Nestes locais foram feitas observações relativa à cobertura vegetal, solo e uso das terras, além de suas relações de vizinhança, composição e distribuição. O alvos foram fotografados para observações no escritório.

Os pontos coletados em campo definiram às áreas de treinamento, servindo como fonte estatística ao método de classificação supervisionada de máxima verossimilhança (Max Ver). Assim, foi gerada uma matriz discreta de sete classes de uso solo, subdivididas em duas categoria de paisagem: 1-paisagens naturais (mata/vereda, campo, cerrado e carrasco) e 2-paisagens antrópicas: (Reflorestamentos, área agrícola/solo exposto e queimadas). O produto desta classificação foi vetorizado e exportado ao formato *shape* do SIG ARCVIEW.

Em seguida, Foram quantificados o número de fragmentos, suas áreas, perímetro, área média e perímetro médio por classe de vegetação.

O filtro de textura foi aplicado pela formula da Entropia, ($H = - \sum [p \cdot \ln(p)]$), onde p é a proporção de cada DN (Digital Number) na janela 3x3. O índice numérico e calculado com base na variabilidade espectral observada na janela sob a transformação normalizada NDVI, definindo o Índice de Diversidade da Paisagem. Esta medida indica que, se um atributo não se repete na janela, o valor calculado para o pixel central corresponderá ao maior índice de diversidade possível ($H=2,19$), enquanto que, se todos os pixels da janela tiverem o mesmo atributo, não haverá diversidade na região analisada de 3X3 pixels ($H=0$ para o pixel central). Esta aplicação foi anteriormente realizada por Galo & Novo 1998 na análise da paisagem do Parque Estadual Morro do Diabo.

A imagem de indicador textural foi submetidas a cruzamento espacial, do tipo interseção, com as classes representadas pela classificação máxima verossimilhança. Neste momento as separações produzidas por classificadores espectrais foram comparadas ao fundo textural. Obtendo-se a média e o desvio padrão da entropia por classe de uso do solo.

Os dados contínuos da matriz entropia foram discretizados em três classes; baixa, moderada e alta. Esta camada foi apresentada como cobertura as classe de uso e ocupação do solo.

Resultados e discussão

A observação do mapa temático (**figura 1**) evidencia pequena ocupação antrópica no interior do parque, a pesar do grande numero de pessoas que lá vivem. Podem ser notadas algumas manchas de queimadas em seu interior, sem nenhuma conectividade com o limite, indicando que esta foram iniciadas dentro do parque. No limite sudeste do parque pode ser vista a intensa ocupação agrícola em torno da cidade de Vila Gaúcha, e sua ação direta na substituição as área de cerrado e carrasco. Há uma grande proximidade desta atividade com limite do parque onde se encontram as nascentes do Rio Preto.

Pela analise da janela de classificação a região do PARNA, nota-se que a maioria da área está coberta por paisagens naturais (cerca de 85%), porem a classe de uso agrícola participa com um percentual maior que o da fisionomia mata e se aproxima do percentual das fisionomias cerrado e carrasco (**figura 1**).

Na **tabela 1** são apresentados os dados de quantificação das áreas, número de polígonos, perímetro, área media, perímetro médio e a relação perímetro/área dos fragmentos de paisagem natural. A classe denominada campo ocupa 53% da área classificada, englobando nela todas as fitofisionomias das formações campestres, desta forma é difícil que se estabeleça uma relação entre a classe e a denominação de “fragmentos”. A classe mata apresenta o maior valor na relação perímetro/área o que pode ser explicado pela forma linear com que as matas estão distribuídas no Cerrado *lato senso*, quase sempre marginais aos cursos d’água. Comparando-se as duas fitofisionomias de formação savanica; o carrasco e o cerrado: pode-se dizer que ambas possuem valores de número de fragmentos e área bem semelhantes. Já os valores de perímetro se

distanciam, fazendo com que o valor da relação área/perímetro do cerrado supere o do carrasco em 0.0234 km/há.

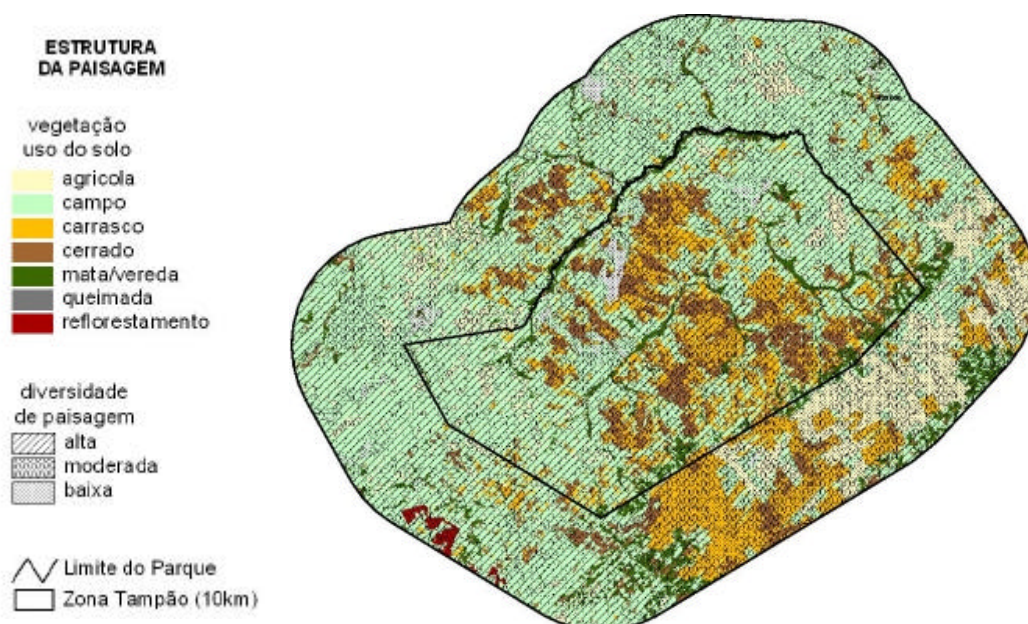


Fig 1 – Representação temática resultante da classificação supervisionada (MAXVER) com cobertura das classes de diversidade da paisagem.

Tab 1 – Análise quantitativas dos fragmentos de vegetação.

fragmentos	Nº	área (ha)	perímetro (km)	área média (ha)	perímetro médio (km)	perímetro/área (km/ha)
mata	738	16186.672	2293.359	17.9652	2.5453	0.1417
carrasco	1810	33546.715	3552.24	18.5341	1.9626	0.1059
campo	2090	125530.503	6,911,789	17.0271	9.3656	0.0551
cerrado	901	35586.717	2293.359	17.9652	2.2024	0.1293

A característica do NDVI em realçar as áreas florestadas fica explícita na imagem resultante desta operação (**figura 2a**), onde se destacam as matas, as veredas e os reflorestamentos em tons mais claros. Com valores intermediários e nesta ordem, encontram-se as fisionomias de carrasco, cerrado e campo. Nos tons mais escuros, com baixo índice de vegetação, encontram-se as classe de solo exposto e queimada.

A imagem textural (**figura 2b**) é em grande parte formada por valores de alta entropia (H), mostrados em tons claros. Valores altos (máximo 2,19) são indicativos de grande heterogeneidade entre os valores de NDVI, enquanto que valores baixos (mínimo 0) são indicativos de similaridade entre estes valores. Pode-se notar algumas manchas escuras, onde os valores de entropia são nulos ou baixos, nestes locais em geral estão concentradas áreas homogêneas de cobertura de vegetação. Netas áreas podem-se encontrar matas primitiva, carrasco com cobertura densa, extensos pastos naturais ou plantados, reflorestamentos homogêneos, queimadas e as extensas áreas de agricultura mecanizada. As formações campestres e áreas de cerrado possuem característica intrínseca de variabilidade da cobertura vegetal, possuindo inúmeras relações entre número e área ocupada entre arbóreas, gramíneas e arbustivas. A heterogeneidade destas classes soma-se a grande variação de solos.

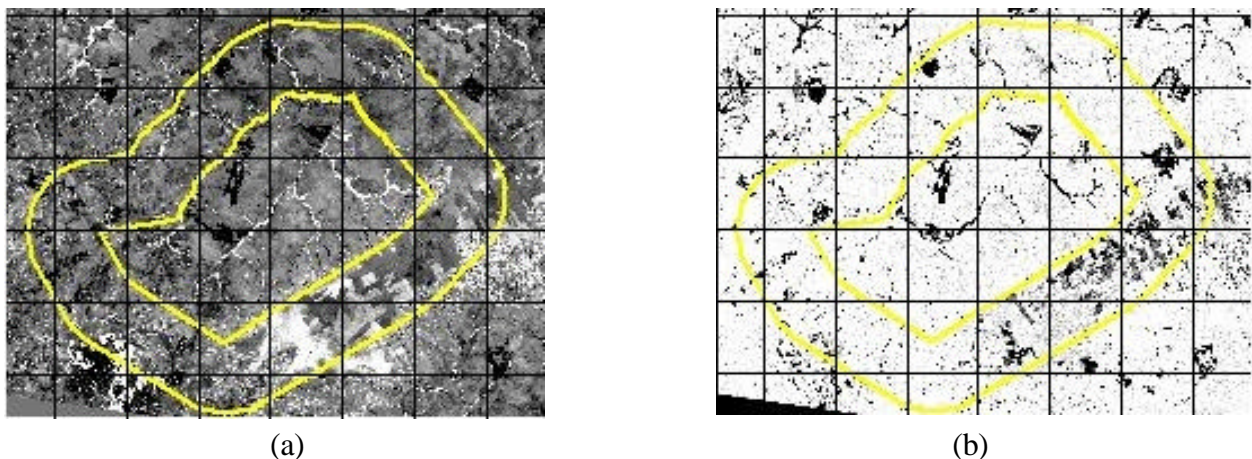


Fig 2. (a) Índice de vegetação – NDVI e; (b) Filtro de textura - Entropia

A maior diversidade da paisagem, entre as classes de uso do solo e vegetação é a de cerrado, decrescendo até a classe queimada. Os valores apresentados na **figura 3** sugerem que o índice de diversidade espacial pode ser usado como referência, através de suas médias, para agrupar as classes de cobertura da terra em categorias genéricas, distintas aqui como paisagens antrópicas e naturais a partir do limiar entre as classes mata e reflorestamentos.

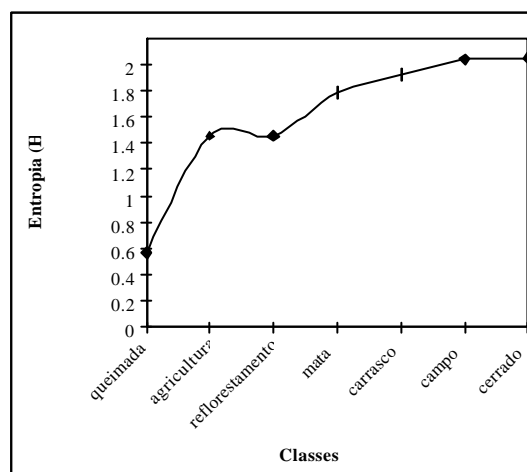


Fig 3 – Representação gráfica da média do índice de diversidade, obtida para os diferentes tipo de cobertura da terra.

Agrupadas as informações de uso e ocupação do solo com três hierarquias de diversidade da espacial da paisagem (alta, moderada e baixa) foi retratada a estrutura da paisagem do Parque e entorno (**figura 1**). As formações campestres, aqui englobadas genericamente como a classe campo, apresentam grande diversidade da paisagem por toda sua extensão. Com exceção para região de campo conhecida como Raso da Campina, onde diversidade foi classificada como moderada, retratando a maior homogeneidade na paisagem desta região.

O maciço de cobertura vegetal formado pelo estrato arbustivo denso, característico a fitosionomia carrasco, são evidenciados com a ocorrência de diversidade baixa a moderada. O mesmo acontece para as matas onde as copas se tocam.

Queimadas ocorridas próximo a data de imagiamento provocaram áreas homogêneas com NDVI nulo, e conseqüentemente foram agrupadas a classe de baixa diversidade da paisagem. Pela comparação isolada destas mancha pode-se inferir quanto a extensão e intensidade fogo sob

as áreas de vegetação.

A atividade agrícola que vem sendo desenvolvida no limite sudeste do parque, pela substituição das áreas naturais de cerrado e carrasco por monoculturas sazonais e pecuária extensiva, estão inseridas na categorias de moderada e baixa diversidade da paisagem. Retratando uma forma compacta e homogênea de ocupação do solo. Por outro lado, a atividade agrícola antes desenvolvida na área conhecida como Fazenda Carinhonha e hoje em fase recuperação natural apresenta um índice de diversidade espacial de moderado a alto.

Conclusões e recomendações

A classificação uso e ocupação do solo reflete que grande parte da paisagem do Parque Nacional Grande Sertão Veredas e seu entorno encontra-se preservada. Os fragmentos de mata sofrem com maior efeito de borda, seguidos pelas área de cerrado e carrasco, em análise à relação perímetro/área.

São observadas áreas de queimadas no interior do parque sem conexão com seu limite, evidenciando a pratica incompatível com a unidades de conservação. Um melhor controle só será possível com a desapropriação dos moradores do parque. Neste período onde coexistem a administração da unidade de conservação e seus moradores, o trabalho de educação na prática da renovação de pastos é a política mais adequada.

O resultado da utilização índice diversidade espacial, via filtro de textura, a partir de dados de sensoriamento remoto, comprovam seu potencial na análise da estrutura da paisagem. Em geral à área de estudo apresenta grande diversidade de paisagens, expressas pelos altos valores de entropia. Pela análise da média da entropia das classes de vegetação e uso do solo é possível definir um limite entre paisagens naturais e antrópica.

De um modo geral, pode-se considerar que o índice utilizado reflete as categorias de intervenção antrópica, desde que separadas as paisagens em naturais e antrópica. A expectativa é que ocorra uma maior diversidade da paisagens em ambientes naturais fragmentados e baixa diversidade em paisagens naturais preservadas. Já em ambientes totalmente transformados pelo homem a relação é inversa. Na presença de elementos naturais e antrópicos a diversidade da paisagem será alta. Com a intensificação da ação humana a proporção de elementos antrópicos aumenta e a diversidade da paisagem diminui.

A análise da diversidade espacial foi capaz de definir variações de formações campestres não separadas espectralmente pela classificação supervisionada, como por exemplo na formação encontrada no Raso da Catarina. Analise semelhante poderia diferenciar mata e vereda, pela relação de proximidade e continuidade da cobertura das copas, desde que fosse utilizado um sensor de maior resolução espacial.

Variações de diversidade da paisagem foram observadas entre as formações savanicas de cerrado e carrasco. O carrasco se caracteriza pela presença de estrato herbáceo arbustivo denso e com numerosas ramificações, conferindo a esta forma de vegetação uma paisagem mais homogênea, representadas por valores de diversidade baixos – menores que os observados no cerrado.

O vetor de desenvolvimento agrícola pela extensão do divisor de bacias (a sudeste do Parque) atinge preferencialmente as formações savanicas de cerrado e carrasco. Os valores baixos de diversidade paisagem e a forma compacta como esta delineada esta ocupação contribui diretamente na diminuição das áreas naturais e na baixa conectividade e percolação entre fragmentos e habitats remanescentes.

Os resultados descrevem a estrutura da paisagem do Parque Grande Sertão Veredas e seu entorno. Constituindo-se em ferramenta útil para as ações de manejo e zoneamento desta unidade de conservação. Análises advindas podem vir a definir importantes aspectos relacionados a esta Unidade de conservação, como por exemplo; áreas prioritárias a conservação, áreas de risco ambiental, áreas de recuperação e definição de corredores ecológicos.

Referências

- Andrén, H., (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportion of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71:355-366.
- Forman, R. T. T., (1985), Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- Foerman, R. T. T. & Godron, M. (1986), Landscape ecology. Wiley & Sons Ed., New York.
- Galo, M. L. B. T. & Novo, E. M. L. M. (1998). Índices de paisagem aplicados à análise do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. INPE/SELPER – Santos. 1998.
- Hanski, L., Kuussaari, M. & Nieminen, M. (1994). Metepopulation structure and migration in the butterfly *Melitaea cinxia*. *Ecology* 75: 747-762.
- Li, H. & Reynolds, J. F., (1994), On definition and quantification of heterogeneity. *Oikos*, 73:280-284
- Li H.; Franklin, J. F.; Swanson, F. J.; Spies, T. A. (1993), Developing alternative forest cutting patterns: a simulation approach. *Landscape Ecol.*, 8: 63-75.
- Lord, J. M. & Norton, D. A. (1990). Scale and spatial conception of fragmentation. *Conserv. Biol.*, 4: 197 – 202.
- Machado, J. W.; Felfilin, J. M.; Silva, P. E. N. Caracterização dos principais tipos fitofisionômicos da área 7. Projeto Conservação dos Gerais. FUNATURA/SEMA/WWF. Brasília, s.d. (mimeografado).
- Marceau, D.; Howarth, P. J.; Dubois, J. M. (1989). Automated texture extraction from high spatial resolution satellite imagery for land-cover classification: concepts and application. In: IGARSS'89 – Canadian Symposium on Remote Sensing, 12., Vancouver, July 10-14, 1989. Proceedings. IEEE, 1989, v.5, p. 2765-2768.
- Metzger, J. P. (1999). Estrutura da paisagem e fragmentação: Análise bibliográfica. *An. Acad. Bras. Ci.* 1999. 71 (3-1).
- Opdam, P.; Van Apeldoorn, R.; Schotman A. & Kalkhonen, J. (1993), Population responses of fragmentation. In Vos, C. C.: OPDAM, P. eds., Landscape ecology of stressed environment. London, Chapman & Hall, p. 147-171.
- Rolstad, J., (1991). Consequences of forest fragmentation for the dynamics of bird populations: conceptual issues and the evidence. *Biol. J. Linn. Soc.*, 41:149-163.
- Tangney, R. S.; Wilson, J. B. & Mark, A. F. (1990). Bryophyte island biogeography: a study in Lake Manapouri, New Zealand. *Oikos*, 63: 39-47.
- Terborgh, J. (1974). Preservation of natural diversity: the problem of extinction prone species. *Bioscience*. 24: 715 – 722.
- Turner, M. G. (1989), Landscape Ecology: the effect of pattern on process. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 20:171-197.