

# Avaliação do estado de fragmentação de áreas de Caatinga importantes para a conservação da biodiversidade da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

Ana Elisa de Faria Bacellar-Schittini<sup>1,2</sup>

Giovana Bottura<sup>1</sup>

Jailton Dias<sup>1</sup>

Guilherme Fernando Gomes Déstro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
Diretoria de Proteção Ambiental - DIPRO  
Coordenação de Zoneamento Ambiental - COZAM  
SCEN Trecho 2, Ed. Sede, Caixa Postal nº 09870, CEP 70.818-900 – Brasília/DF  
{Ana.Bacellar, Giovana.Bottura, Jailton.Dias, Guilherme.Destro}@ibama.gov.br

<sup>2</sup> Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília - UnB

**Abstract.** Throughout decades the São Francisco River Basin (SFRB) has been explored in a disordered fashion. In order to change this scenario, a project conducted by the Environmental Zoning Division (IBAMA), as part of the Macro-Zoning of the SFRB, appointed 47 key conservation areas, based on biological aspects. The aim of this study was to improve this work with landscape structure analysis, intending to evaluate the fragmentation status of these important areas, within the Caatinga domain. The natural classes were extracted from the vegetation cover map of the Caatinga biome, prepared within scope of the PROBIO program. This map was used to calculate the following landscape metrics: total landscape area (TLA), mean nearest neighbor (MNN), mean patch size (MPS), number of patches (NUMP) and mean shape index (MSI). The values of each landscape metric were grouped in 5 classes (scores), which were summed providing a single score for each area. Based on these scores, the areas were classified upon its fragmentation status. Two of the 22 evaluated areas was classified as *very well conserved*, 6 areas as *well conserved*, 4 as *fragmented*, 6 as *very fragmented* and 4 as *critically fragmented*. We suggest giving highest priority to the critically fragmented that simultaneously present an extremely important biological value. To better understand the process that leads to biodiversity loss, studies of functional connectivity approach are at need. Nevertheless studies like the present one, observing only structural aspects, are helpful to guide some conservation strategies and to establish priorities in an environmental agenda.

**Palavras-chave:** landscape structure, connectivity, geoprocessing, estrutura da paisagem, conectividade, geoprocessamento.

## 1. Introdução

Ao longo de décadas, os recursos naturais da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) vêm sendo utilizados de maneira irracional e com uma visão imediatista, sem planejamento. Considerando critérios de representatividade biológica e espacial, nota-se que a Bacia, como um todo, encontra-se pouca e desigualmente protegida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BACELLAR-SCHITTINI, *et al.* 2007), tornando a exploração desordenada ainda mais preocupante.

Na iniciativa de reverter este quadro, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou, em 2006, o Programa de Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, com destinação de recursos específicos para ações sócio-ambientais na sua área de abrangência. Uma das etapas deste Programa foi a elaboração do Macro-Zoneamento da Bacia, executado por um Consórcio de instituições públicas denominado ZEE-Brasil.

A Coordenação de Zoneamento Ambiental do Ibama (COZAM/IBAMA) colaborou no Programa de Revitalização, definindo áreas importantes para a conservação da biodiversidade na Bacia, por meio da metodologia do Planejamento Sistemático da Conservação – PSC (MARGULES & PRESSEY, 2000) que, segundo Dias *et al.* (2006), tem tido boa aplicabilidade no Brasil, com excelentes perspectivas para a sua disseminação. Como

resultado desta iniciativa, que contou com a participação de um corpo técnico especializado, foram indicadas 47 áreas importantes para conservação da biodiversidade na BHSF, para as quais foram apontadas as principais ameaças e propostas diretrizes para a conservação e/ou recuperação local.

Neste processo de priorização, o estado de fragmentação das áreas indicadas como importantes foi analisado apenas de forma visual, caso a caso, na etapa final do exercício, quando as áreas foram redesenhadas, excluindo porções que já tinham um alto grau de ocupação humana e incluindo outras bem conservadas, reconhecidamente importantes. Considerando que a fragmentação de habitats é um dos principais problemas quando se trata da atual dinâmica de uso da terra, sendo apontado como o principal causador da perda de biodiversidade no mundo (MYERS 1986; GASTON et al. 2003), uma análise mais criteriosa e comparativa da estrutura da paisagem das áreas pode ser útil para ajudar a nortear e priorizar ações de conservação e manejo da paisagem, visando a manutenção da biodiversidade na BHSF.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o estado de fragmentação das “Áreas Importantes para a Conservação da Biodiversidade”, inseridas no bioma Caatinga, como subsídio para a elaboração e priorização de propostas concretas para o manejo da paisagem da região.

## 2. Metodologia de Trabalho

Dos 47 polígonos indicados pelo projeto “Áreas Importantes para a Conservação da Biodiversidade da Bacia Hidrográfica do São Francisco” (IBAMA, 2008), foram selecionados para a análise apenas aqueles que tivessem o centróide inserido no domínio do bioma Caatinga.

Para avaliar o estado de fragmentação dos polígonos, foi necessário gerar um mapa de remanescentes de vegetação natural, a partir do Mapa de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros, elaborado no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, disponível no formato vetorial no *website* do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006). Tal mapeamento, elaborado na escala 1:250.000, a partir de imagens Landsat 7 ETM+ de 2002 (FRANCA-ROCHA *et al.*, 2007), foi elaborado com base na classificação-padrão de fitofisionomias do IBGE, com subclasses indicando o grau de uso antrópico de cada unidade. Desta forma, neste mapeamento, as classes fitofisionômicas apresentam-se como puras ou mistas, de acordo com o nível de uso, sendo a predominância de uma classe ou outra apontada pela hierarquia da classificação. A fim de manter apenas as classes naturais foram selecionadas as classes fitofisionômicas puras, excluindo as que tivessem qualquer grau de uso antrópico. Posteriormente, foi feito um recorte para a região da BHSF inserida no bioma Caatinga. Para o processamento das análises de paisagem, o *layer* resultante foi convertido para o formato ArcGRID (pixel de 500 x 500m).

Por meio do programa *Patch Analyst* 3.0 (REMPEL, 2006), foram calculadas as seguintes métricas, para cada polígono: área total remanescente (TLA), distância média para o fragmento vizinho mais próximo (MNN), tamanho médio dos fragmentos (MPS), número de fragmentos (NUMP) e *mean shape index* (MSI). Esta última métrica indica a irregularidade da forma dos fragmentos. O índice tem valor igual a um (1) quanto menos irregular ou mais compacto possível são, em média, os fragmentos (um quadrado, no caso de uma matriz, ou um círculo, no caso de um vetor) e cresce à medida que se tornam mais irregulares. Foi considerado como um fragmento, qualquer conjunto de pixels que estivesse distante de qualquer conjunto vizinho por mais de 500m (resolução do arquivo matricial). Com o objetivo de excluir o efeito do tamanho dos polígonos, para as métricas TLA e NUMP, foram calculados valores relativos à área dos mesmos.

Para cada métrica foram criados *scores* de 1 a 5, sendo este valor maior, quanto melhor o estado de conservação da área. Desta forma, TLA e MPS têm relação positiva com os respectivos *scores*, enquanto MSI, MNN e NUMP têm relação negativa. Para uma avaliação conjunta de todas as métricas, foi criado um *score* composto a partir da soma de todos os *scores*, atribuindo peso 1 às métricas MSI e NUMP e peso 2 para as demais (MPS, MNN e TLA). Foi atribuído peso menor às métricas que se mostraram mais fortemente influenciadas pela forma e tamanho dos polígonos e, por este motivo, resultaram na supervalorização dos polígonos menores, que naturalmente incluíam um menor número de fragmentos e formas mais compactas.

### 3. Resultados e Discussão

Dentre os polígonos determinados como importantes para a conservação da biodiversidade na BHSF, 22 foram avaliados quanto ao estado de fragmentação, por terem o centróide inserido no bioma Caatinga. Como resultado da avaliação, 2 áreas foram classificadas como *muito bem conservadas* (*score* de 33 a 38), 6 com como *bem conservadas* (28 a 32), 4 como *fragmentadas* (24 a 27), 6 como *muito fragmentadas* (16 a 23) e 4 como *criticamente fragmentadas* (12 a 15). A Tabela 1 mostra os *scores* atribuídos a cada métrica e o *score* final, resultante da soma de todos os *scores*. O valor de cada métrica calculada pode ser observado na Tabela 2 e, um mapa com a localização e categorização das áreas é apresentado na Figura 1.

Tabela 1. Áreas importantes para a conservação da biodiversidade da BHSF, ordenadas de acordo com o *score* final, resultante da soma dos *scores* atribuídos para cada métrica.

ID	Nome	Score MPS (peso 2)	Score MSI (peso 1)	Score NUMP (peso 1)	Score MNN (peso 2)	Score TLA (peso 2)	Score final
42	Boqueirão da onça	5	4	4	5	5	38
41	Itaguaçu/Sento Sé	4	5	3	4	5	34
18	Lagoa Grande	5	4	4	2	5	32
11	Raso da Catarina	4	4	4	4	4	32
20	Poço Januário	3	5	3	5	4	32
39	Serra Verde	4	3	4	4	4	31
12	Caturama	3	2	3	5	4	29
16	Dunas do São Francisco	4	5	4	3	3	29
17	Casa Nova	2	5	2	4	4	27
9	Pindaí	2	4	4	5	2	26
22	Remanso/Casa Nova	4	2	3	2	4	25
43	Curaçá	3	2	5	5	1	25
44	Rodelas/Glória	4	2	5	2	2	23
45	Gruta dos Brejões	1	1	1	5	4	22
19	Serrita	1	3	1	5	3	22
26	Morro do Chapéu	3	3	3	1	3	20
15	Ourolândia	3	3	3	1	3	20
1	Catimbau	2	4	4	1	2	18
21	Araripe	1	4	1	2	2	15
25	Serra Negra	1	5	4	1	1	15
27	Seabra/Souto Soares	1	4	2	1	2	14
46	Xingó	1	4	2	1	1	12

Tabela 2: Métricas calculadas para cada área importante para a conservação da biodiversidade da BHSF.

ID	Nome	MPS	MNN	TLA	TLA relativo	NUMP	NUMP relativo	MSI
42	Boqueirão da onça	30444.00	635.60	761100.00	69.85	25	0.23	1.81
41	Itaguaçu/Sento Sé	15574.07	948.52	420500.00	60.11	27	0.39	1.54
18	Lagoa Grande	29445.00	1414.05	441675.00	66.81	15	0.23	1.85
11	Raso da Catarina	17189.29	873.34	120325.00	53.78	7	0.31	1.92
20	Poço Januário	8425.00	569.04	25275.00	49.27	3	0.58	1.68
39	Serra Verde	14980.73	1068.81	719075.00	48.26	48	0.32	2.23
12	Caturama	9080.00	600.00	90800.00	43.05	10	0.47	2.29
16	Dunas do São Francisco	14248.08	1135.79	555675.00	33.36	39	0.23	1.62
17	Casa Nova	5982.69	905.76	77775.00	45.29	13	0.76	1.44
9	Pindaí	5900.00	500.00	11800.00	17.36	2	0.29	1.73
22	Remanso/Casa Nova	14415.62	1250.00	115325.00	53.67	8	0.37	2.37
43	Curaçá	8325.00	0.00	8325.00	11.03	1	0.13	2.44
44	Rodelas/Glória	13987.50	1414.21	27975.00	22.99	2	0.16	2.62
45	Gruta dos Brejões	3925.00	0.00	3925.00	45.61	1	1.16	3.43
19	Serrita	3268.06	684.73	58825.00	36.35	18	1.11	2.01
26	Morro do Chapéu	7962.50	2937.95	31850.00	37.80	4	0.47	2.11
15	Ourolândia	8875.00	3167.97	53250.00	31.97	6	0.36	2.06
1	Catimbau	6633.33	16491.20	19900.00	16.26	3	0.25	1.74
21	Araripe	1956.25	1245.83	15650.00	20.14	8	1.03	1.86
25	Serra Negra	825.00	6305.55	4125.00	2.40	5	0.29	1.64
27	Seabra/Souto Soares	2533.33	1644.08	22800.00	22.25	9	0.88	1.74
46	Xingó	1498.08	2177.04	38950.00	9.88	26	0.66	1.84

Dentre as 4 áreas em estado crítico de fragmentação, 3 encontram-se na região do sub-médio São Francisco, sendo 2 no estado de Pernambuco (Araripe e Serra Negra) e 1 na divisa entre AL, SE e BA (Xingó). Seabra/Souto Soares é a quarta área em situação crítica, localizada no médio São Francisco abrangendo, em sua maior parte, os municípios que lhe nomearam. Dessas áreas, merece destaque a região do Araripe (id 21) que, além de apresentar-se em estado crítico de conservação, foi classificada como de importância biológica extremamente alta pelo exercício de priorização realizado pela COZAM/IBAMA. No mesmo nível de importância biológica e categorizadas como *muito fragmentadas* estão Morro do Chapéu (id 26) e Ourolândia (id 15). Curaçá (id 43), Casa Nova (id 17) e Pindaí (id 9) já apresentam, comparativamente, menor nível de fragmentação (categoria *fragmentada*), mas mesma importância biológica, devendo, assim como as demais áreas citadas, receber especial atenção para ações que visem à recuperação da conectividade da paisagem.

Boqueirão da Onça e Itaguaçu/Sento Sé foram as áreas que apresentaram melhor estado de conservação. De fato, estas abrangem o maior bloco remanescente de caatinga, segundo o mapeamento do PROBIO. A área do Boqueirão da Onça, além de apresentar maior área total remanescente absoluta (761.100 ha) e relativa (69,85%), apresenta maior tamanho médio de fragmento (30.444 ha) e o segundo menor valor de distância média entre fragmentos (635,60 m), quando consideradas áreas com NUMP  $\geq 10$ . Ambas foram classificadas como muito

importantes biologicamente. Tendo em vista o bom estado de conservação e as propostas recentes de criação de Unidade de Conservação (UC) na região do Boqueirão da Onça, já em andamento no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), pode-se atribuir menor urgência de ação para esta área.

Entre as áreas categorizadas como *bem conservadas*, apenas Caturama (id 12) apresenta, segundo a COZAM/IBAMA, importância biológica extremamente alta. Dunas de São Francisco (id 16), além de ter sido classificada como altamente importante do ponto de vista biológico (uma categoria abaixo de Caturama) tem, em curso, uma proposta de criação de UC. Desta forma, apesar das áreas 12 e 16 terem recebido o mesmo *score* de fragmentação, Caturama deve ser futuramente priorizada.

Os *scores* de fragmentação atribuídos para cada área levaram em conta apenas aspectos estruturais da paisagem, na tentativa de indicar quais áreas correm maior risco de perda de biodiversidade, com grande foco na conectividade. O motivo disso é o fato da conectividade ser um dos elementos-chave para a manutenção da biodiversidade. A matriz onde estão dispersos os fragmentos, em geral, não é considerada habitat. Neste estudo, qualquer classe mista, com certo grau de antropização foi considerada como não-habitat. No entanto, a conectividade da paisagem depende de como seus elementos são funcionalmente conectados sob a ótica dos elementos da biodiversidade (HOBBS, 2002). A conectividade depende do tamanho e da forma dos fragmentos, da distância entre eles (ou grau de isolamento), do tipo de matriz circundante e do efeito da borda (CERQUEIRA *et al.*, 2003), da densidade e da complexidade destes fragmentos, da qualidade e da largura das redes de corredores, da densidade dos trampolins ecológicos e permeabilidade da matriz (METZER & DÉCAMPS, 1997). Neste trabalho, foi avaliada apenas a conectividade do ponto de vista estrutural, sem estudos específicos focando aspectos funcionais da paisagem.

A despeito disso, estudos mostram ser possível tirar algumas conclusões em relação à biodiversidade, observando simplesmente a estrutura da paisagem. METZER & DÉCAMPS (1997) sugerem que sejam observados limiares estruturais da paisagem, a fim de se compreender melhor os efeitos da perda de conectividade nos processos de extinção de espécies.

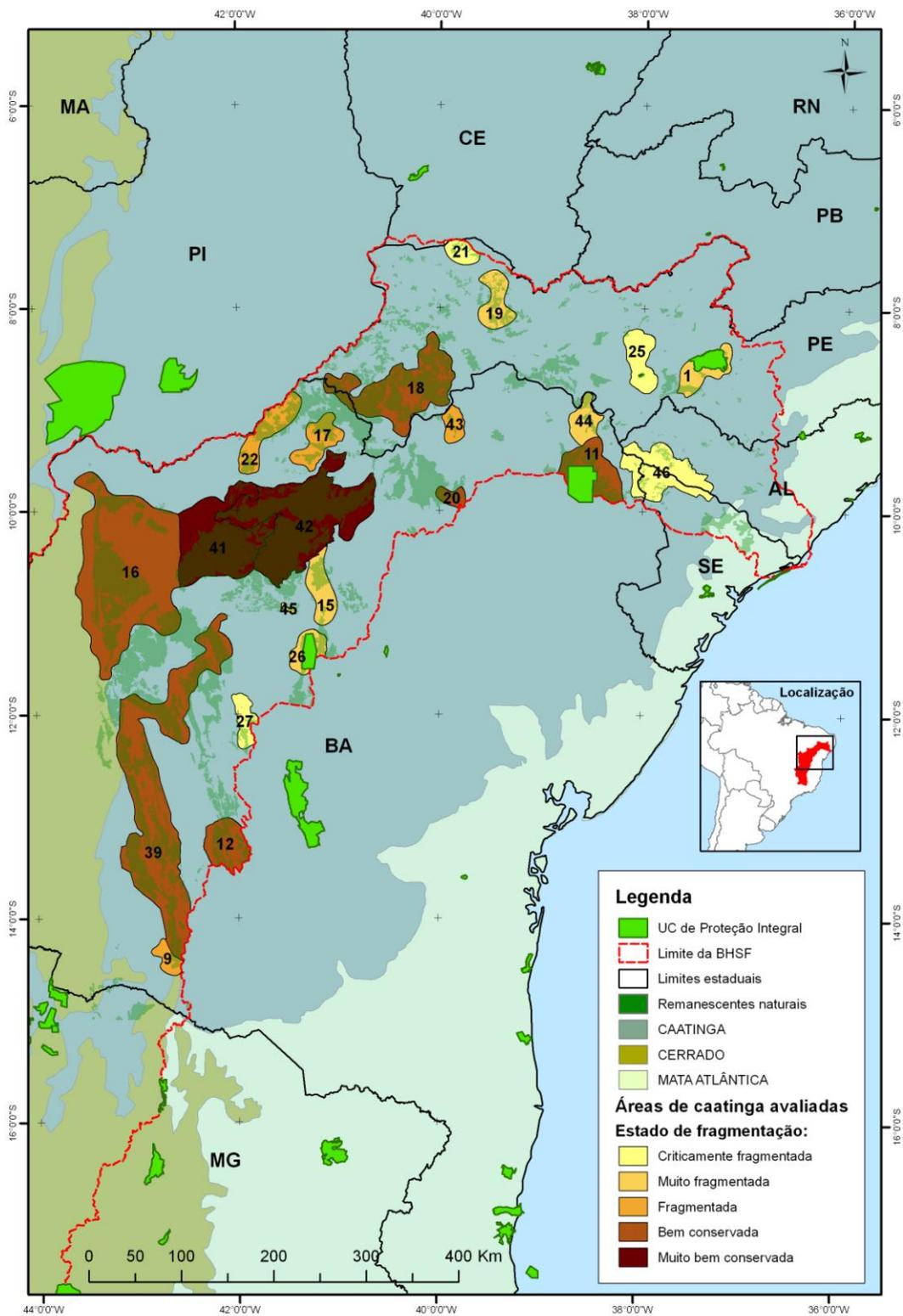


Figura 1. Áreas importantes para a conservação da biodiversidade na BHSF, categorizadas de acordo com o estado de fragmentação.

#### 4. Conclusões

Considerando a carência de informações primárias sobre a biodiversidade em grandes porções do território (BOTTURA *et al.*, 2007), em especial na BHSF e no bioma Caatinga (DÉSTRO *et al.*, 2007), o uso de análises de paisagem em conjunto com dados sobre a distribuição da biodiversidade torna-se extremamente útil no apoio à proposição de ações de conservação e manejo da paisagem.

Neste estudo, o uso de análises da estrutura da paisagem mostrou-se, efetivamente, um importante complemento no diagnóstico das áreas importantes para a conservação da biodiversidade na BHSF. Foi possível observar com maior clareza quais as prioridades para recuperação da conectividade da paisagem. O uso de indicadores do estado de fragmentação das áreas, por meio de *scores* compostos por diferentes métricas da paisagem, permitiu uma análise conjugada, evitando possíveis conclusões enviesadas, caso as métricas fossem analisadas individualmente. Sugere-se que análises de paisagem sejam incorporadas nos exercícios de planejamento já nas etapas iniciais, a fim de agregar mais informação ao processo de priorização e assim conferir maior robustez e confiabilidade aos resultados.

Embora os estudos focados na estrutura da paisagem sejam importantes, para compreender de fato os efeitos da fragmentação, perda de hábitat e conectividade nos processos que levam à perda de biodiversidade, são necessários estudos mais profundos e específicos que investiguem os aspectos funcionais da paisagem.

Ainda que não se tenha perfeita clareza de tais processos, estudos como este permitem nortear ações de conservação, indicando algumas prioridades. Recomenda-se, neste sentido, maior atenção às áreas de extrema importância biológica e pior estado de fragmentação. De maneira geral, todas as áreas classificadas como *criticamente fragmentadas*, *muito fragmentadas* e *fragmentadas* devem receber atenção para o restabelecimento da conectividade da paisagem, em especial aquelas de maior importância biológica.

#### 5. Referências Bibliográficas

BACELLAR-SCHITTINI, A.E. de F.; DÉSTRO, G.F.G.; DIAS, J.; BOTTURA, G. Unidades de conservação na bacia do São Francisco: uma análise da representatividade de unidades da paisagem. In: Internacional Association of Landscape Ecology, 1, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. CD-ROM.

BOTTURA, G. *et al.* Seleção de áreas importantes para a conservação da biodiversidade na bacia hidrográfica do rio São Francisco. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 2349-56.

CERQUEIRA, R. *et al.* Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, M; OLIVEIRA D.A.S. de. (orgs). **Fragmentação de Ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações para políticas públicas. Brasília: MMA, 2003. p. 23-40.

DÉSTRO, G.F.G. *et al.* Lacunas de conhecimento da fauna da bacia hidrográfica do rio São Francisco. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SBE, 2007. CD-ROM.

DIAS, J. *et al.* Geotecnologia de identificação de prioridades para a conservação da biodiversidade: perspectivas e potencialidades do planejamento sistemático da conservação. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA; INPE, 2006, p. 602-7.

FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A.B.; NOLASCO, M.C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J.M. ; ROCHA, C.C. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 2629-36.

GASTON, K.J.; BLACKBURN, T.M.; GOLDEWIJK, K.K. Habitat conversion and global avian biodiversity loss: proceedings of the Royal Society of London. **Biological Sciences**, serie B, 270, p. 1293-300, 2003.

HOBBS, R.J. Habitat Networks and Biological Conservation. New York: **Applying Landscape Ecology in Biological Conservation**, 2002. pp. 150-170.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 set. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Coordenação de Zoneamento Ambiental. 2008. **Áreas importantes para a conservação da biodiversidade**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/zoneamento-ambiental>>. Acesso em: 03 out. 2008.

MARGULES CR, PRESSEY RL (2000) Systematic conservation planning. **Nature** 405:243-253.

METZGER J.P.; DÉCAMPS, H. The Structural Connectivity Threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. *Acta Ecologica*: v.18, p.1-12, 1997.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 03 out. 2008.

MYERS, N. Tropical deforestation and a mega-extinction spasm. In: SOUL, M.E. (ed). **Conservation Biology**: the science of scarcity and diversity. Sunderland: Publishers, p. 349-409, 1986.

REMPE, R. **Patch Analyst 3.0**. Ontario: Lakehead University Campus. 2006. Disponível em: <<http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/>>. Acesso em: 19 fev. 2008.