

FRAGMENTAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA DE INTERIOR: ANÁLISE DE PAISAGEM DO CORREDOR VERDE SUL-AMERICANO E FLORESTAS DO ALTO PARANÁ

Atlantic Forest fragmentation: Landscape analysis of the South-American Green Corridor and Upper Paraná Forests

Lucas Gonçalves da Silva¹
Samuel dos Santos²
Flávia Moraes³

¹Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Departamento de Biodiversidade e Ecologia
Av. Ipiranga 6681, Prédio 12C/134, Porto Alegre-RS – CEP: 90619-900
lucas.silva@pucrs.br

²Instituto Pampa Brasil
Av. Unisinos 950, Cristo Rei, São Leopoldo-RS – CEP: 93022-000
samuel@pampabrasil.com.br

³Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Geografia
Av. Bento Gonçalves 950, Partenon, Porto Alegre-RS – CEP: 91508-900
flaviamoraess@gmail.com

RESUMO

Ao longo do tempo e especialmente nos últimos cinquenta anos, a Mata Atlântica brasileira apresentou grandes taxas de desmatamento e altos níveis de fragmentação por conta do desenvolvimento urbano e expansão agropecuária. O presente trabalho realizou uma análise da paisagem do corredor verde sul-americano, (Brasil, Paraguai e Argentina) tomando como objeto central de estudo a Mata Atlântica de interior, que possui importantes parcelas de florestas estacionais preservadas e presença de espécies ameaçadas de extinção, visando identificar conectividades da paisagem. O método de análise consistiu em rotinas de classificação de imagens de satélite do sensor LANDSAT 7 ETM (anos de 2003 e 2004) em softwares de geoprocessamento. Os resultados do estudo apontam para o isolamento das unidades de conservação, a falta de conectividade com outros fragmentos originais dos biomas brasileiros e o agravamento desse processo de fragmentação por conta da construção de barramentos de grande porte, comprometendo a efetividade das áreas remanescentes na conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Sensoriamento remoto. Fragmentação. Barragens.

ABSTRACT

Over the time and especially in the last fifty years, the Brazilian Atlantic Forest showed high deforestation rates and high fragmentation levels due by urban development and agricultural expansion. This study conducted an landscape analysis of the south american green corridor (Brazil, Paraguay and Argentina) having as central object the interior Atlantic Forest, which has important preserved stational forests and presence of endangered species, aiming to identify connectivity with other natural landscapes. The analysis consisted of hard classifiers routines of satellite images LANDSAT 7 ETM (years 2003/2004) and processing in GIS softwares. The study results showed the isolation of the national and state parks, the low connectivity with other original fragments of brazilian biomes and the worsening of this fragmentation process due by construction of large dams, undermining the remanescent areas effectiveness in biodiversity conservation.

Keywords: Atlantic Forest. Remote sensing. Fragmentation. Dams.

1 INTRODUÇÃO

A destruição, fragmentação e descaracterização de habitats são as principais causas atuais de perda de biodiversidade (MYERS et al., 2000; BROOKS et al., 2002). Nesse contexto, a Mata Atlântica brasileira, desde a chegada dos europeus por volta do ano 1500 vem sendo destruída por conta da ocupação humana. Especialmente nos últimos cinquenta anos, a Mata Atlântica perdeu grandes áreas por conta da expansão da agricultura e da pecuária, resultando em um alto nível de fragmentação (RANTA et al., 1998; COSTA & FUTEMMA, 2006).

Devido a essa grande destruição da Mata Atlântica brasileira ao longo da história, o bioma encontra-se citado em artigos de biologia da conservação como um hotspot, lista que inclui as áreas biologicamente mais ricas e mais ameaçadas do planeta, com apenas 7,5% de sua cobertura original intacta e apenas 35% dessas áreas remanescentes incluídas em unidades de conservação ou áreas protegidas (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2006) (Figura 1).

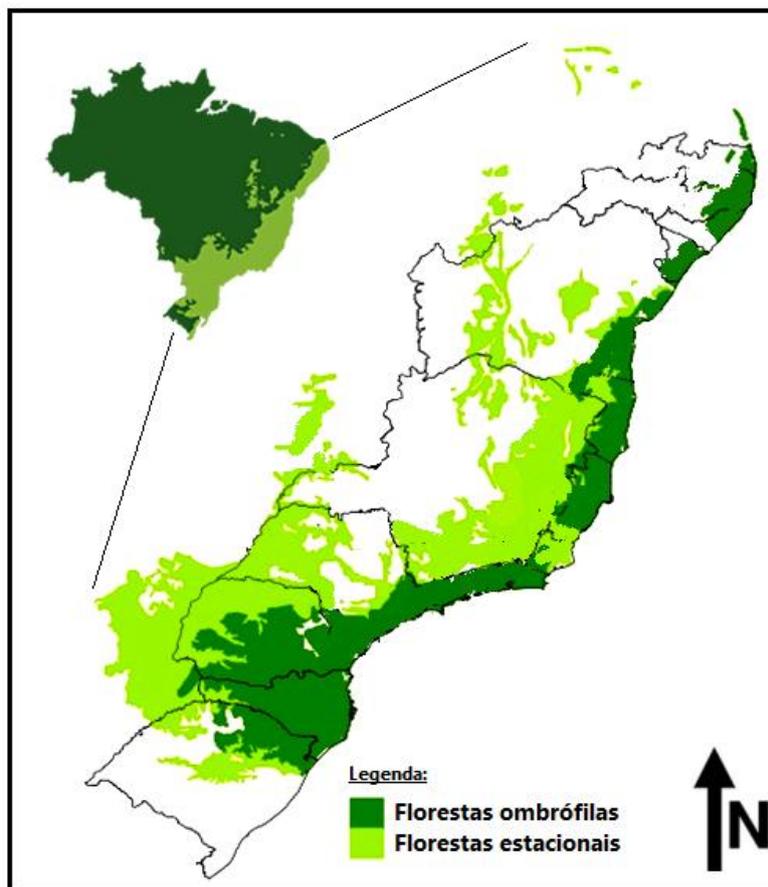


Figura 1: Divisão florestal do Bioma Mata Atlântica.

Além da destruição das florestas e da vegetação nativa, os grandes barramentos que necessitam de vastas áreas alagadas para a produção de energia são agravantes para a fragmentação de ecossistemas. Existem estudos acerca do impacto de barramentos sobre a biodiversidade e sua potencial influência no isolamento de populações (ALO & TURNER, 2005; BESSERT & ORTÍ 2007) e, no caso da Mata Atlântica, diversos barramentos foram construídos nos últimos anos, agravando ainda mais a problemática do desmatamento, fragmentação e isolamento de populações.

O corredor verde sul americano está localizado na área de fronteira entre Brasil, Paraguai e Argentina. O corredor possui a maior parcela significativa de florestas estacionais semidecíduais e decíduas da Mata Atlântica de interior. A área total é de cerca de 176.000 km², com cotas de altitude variando de 150 a 600m acima no nível do mar (INTITUTO DE FLORESTAS DE SÃO

PAULO, 2011). Conta com importante representatividade de fauna, inclusive espécies incluídas na lista brasileira de ameaçadas de extinção, como a Onça-pintada (*Panthera onca*), o Mico-leão-preto (*Leontopithecus chrysopygus*), o Lobo Guará (*Chrysocyon brachyurus*) e a Anta (*Tapirus terrestris*) (MACHADO et al., 2008).

A modelagem da paisagem é considerada uma eficiente metodologia para a análise ambiental, pois permite o acompanhamento da cobertura do solo sem o direto contato com as áreas de estudo, através de dados de sensoriamento remoto (OSBORNE et al., 2001; ECHEVERRIA et al., 2008). Através da base metodológica, o objetivo do presente estudo foi analisar a cobertura vegetal do corredor verde sul-americano e a efetividade das unidades de conservação, considerando o impacto dos barramentos como agravantes da fragmentação e isolamento dos parques.

2 MÉTODOS

A área de estudo compreendeu toda a extensão do corredor verde sul americano, correspondendo à maior parcela de representatividade de Mata Atlântica de interior (porções sul e sudeste do Brasil, província de Misiones, Argentina e oeste do Paraguai).

O processo de classificação de imagens de satélite (AMARAL et al., 2009; SILVEIRA & SILVA, 2010) foi realizada através do *software Idrisi Taiga 16.0* (CLARK LABS., 2010). Para as análises, foram utilizadas duas cenas LANDSAT 7 ETM de 2003 e 2004 (cenas ponto/órbita 223/75, 223/76, 223/77, 223/78, 223/79, 224/75, 224/76, 224/77, 224/78 e 224/79, pixel 30x30m) (INPE, 2011), conforme mostra a figura 2.

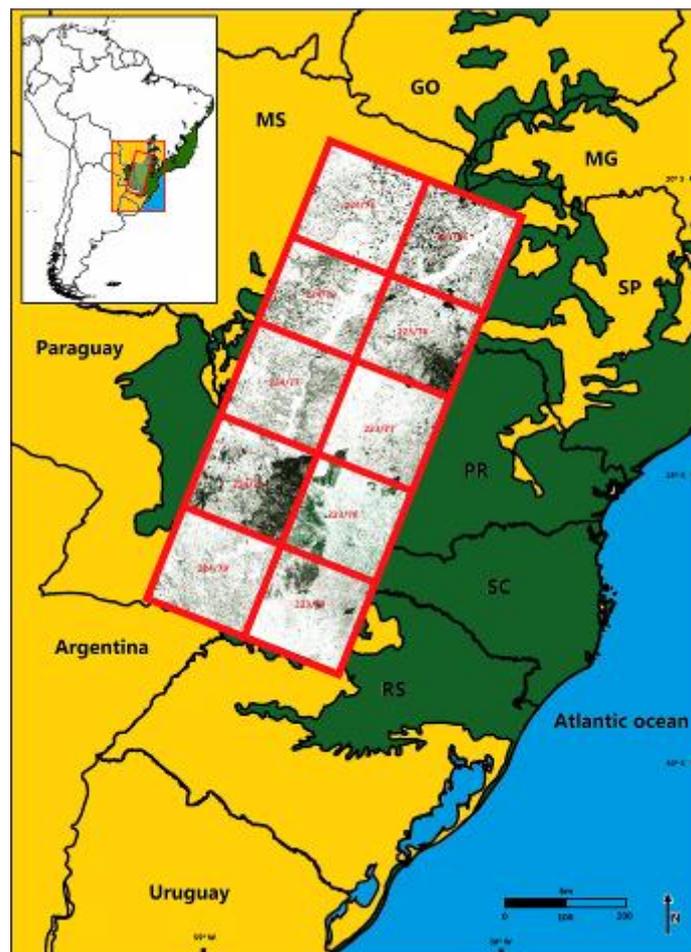


Figura 2: Remanescentes florestais primários e secundários da Mata Atlântica de interior, resultado do processo de classificação de imagens do software Idrisi Taiga 16.0 da área de estudo, compreendendo dez cenas LANDSAT-7 ETM+ 2003/2004.

Foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 para compor a imagem colorida RGB de análise, pois essa composição maximiza o contraste espectral das classes de cobertura do solo presentes. Após o tratamento e junção do corredor verde sul americano encontra-se alterada pelo processo destas duas cenas de interesse foi realizado através da função *concat* e as imagens foram classificadas através do método não-supervisionado utilizando-se as funções *isoclust* e *kmeans*, que permitem a indicação das classes de cobertura do solo sem a direta interferência do usuário. Para a validação da classificação, foram utilizados 120 pontos de controle distribuídos na área de análise, com aderência de 97% de correspondência real do modelo.

O resultado do processo de classificação de imagens produzido pelo *software Idrisi Taiga 16.0* foi importado como *layer* no *software ArcGis 9.2* (ESRI, 2009). Além dos dados de cobertura do solo, foi produzido o *layer* correspondente às localizações das barragens de grande porte. A combinação dessas camadas de análise proporcionou a visualização do efeito geográfico de ambos os fatores combinados na fragmentação e isolamento das unidades de conservação do corredor verde.

3 RESULTADOS

A classificação não-supervisionada de imagens evidenciou que cerca de 80% da paisagem do corredor verde sul americano encontra-se alterada pelo processo destas duas cenas de interesse foi realizado através da função *concat* e as imagens foram classificadas através do método não-supervisionado utilizando-se as funções *isoclust* e *kmeans*, que permitem a indicação das classes de cobertura do solo sem a direta interferência do usuário. Para a validação da classificação, foram utilizados 120 pontos de controle distribuídos na área de análise, com aderência de 97% de correspondência real do modelo (Resultados na Tabela 1).

Tabela 1: Resultados de classificação de fragmentos remanescentes para as 10 cenas LANDSAT analisadas.

Cena LANDSAT 7	Floresta original remanescente (ha)
223/75	320.797
223/76	401.457
223/77	171.049
223/78	825.776
223/79	1.149.782
224/75	814.018
224/76	293.052
224/77	258.077
224/78	1.038.930
224/79	371.993

Os resultados apontam para o isolamento das principais Unidades de Conservação (UC's) por conta da ação antrópica, sem conectividades com outras áreas (Parque Estadual do Morro do Diabo em São Paulo, Parque Nacional do Iguaçu no Paraná, Província de Misiones na Argentina, e Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul) (Figura 3), e áreas do Pantanal e do Cerrado, além de grande efeito de borda sobre as UC's citadas devido ao isolamento dessas áreas. Além do isolamento do P.E. Morro do Diabo e P.N. do Iguaçu, os resultados evidenciam um efeito adicional à fragmentação do ecossistema ocasionado pelos três barramentos de grande porte instalados nas imediações dos parques. Os lagos das UHE's Porto Primavera e Rosana, UHE Binacional Itaipu e

UHE Foz do Chapecó possuem efeito direto nas UC's, e são obstáculos ao trânsito de espécies (ROCHA et al., 2010) (Figura 3B).

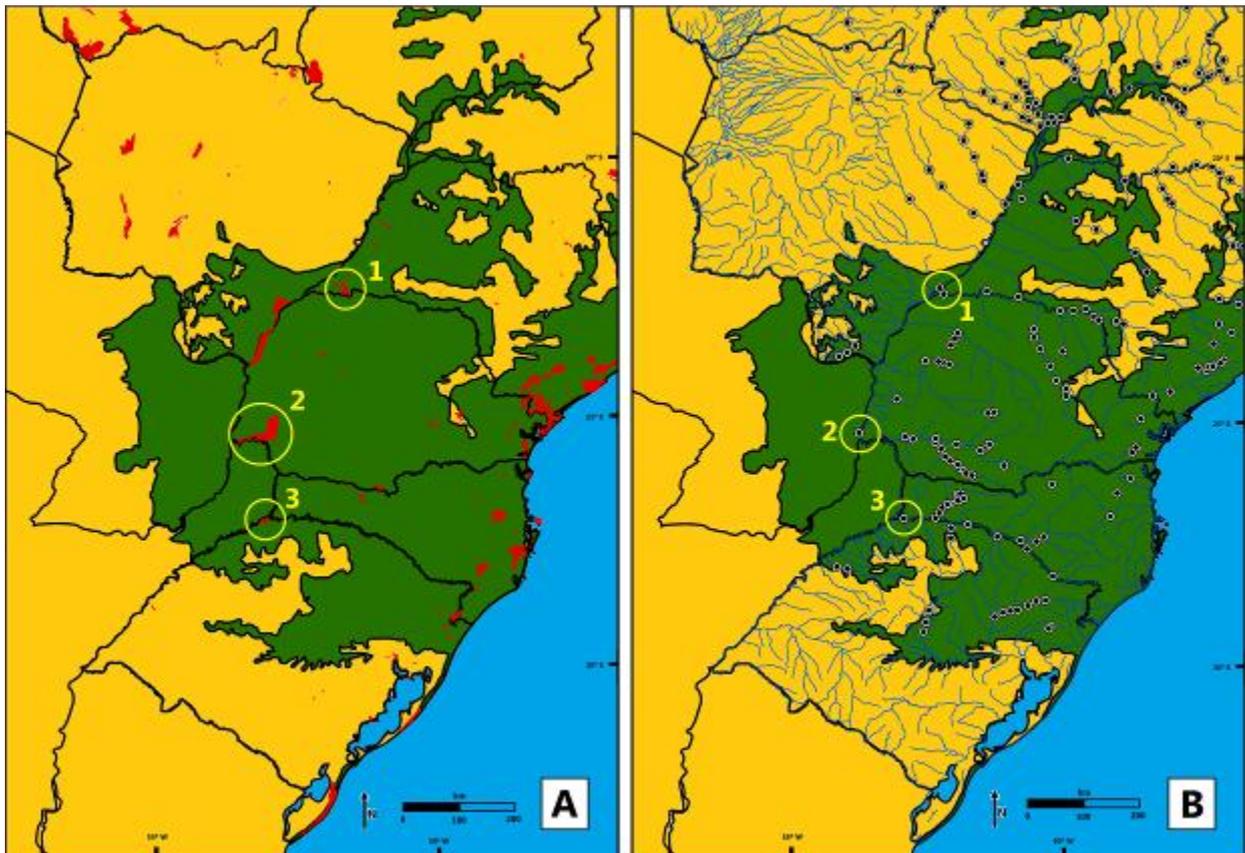


Figura 3: (A) Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI's) da Mata Atlântica: Destaque para as mais representativas, (1) Parque Estadual do Morro do Diabo (SP), (2) Parque Nacional do Iguaçu (PR) e (3) Parque Estadual do Turvo (RS). (B) Hidrografia do Brasil e Usinas Hidrelétricas (UHE's) do sistema nacional, destaque para as mais representativas, (1) UHE's Porto Primavera e Rosana, (2) UHE Itaipu Binacional e (3) UHE Foz do Chapecó.

4 DISCUSSÃO

A manutenção de corredores ecológicos seria uma alternativa importante a ser considerada para a conectividade de fragmentos e a sobrevivência da biodiversidade (AYRES et al., 2005). Ainda não existem estudos consistentes sobre a fragmentação da paisagem na Mata Atlântica de interior, principalmente utilizando-se novas metodologias de sensoriamento remoto, por exemplo. Em um estudo sobre a biodiversidade em áreas fragmentadas da Mata Atlântica de interior publicado por KASPER et al. (2007) mostrou uma alta taxa de qualidade ambiental e populações remanescentes de espécies topo de cadeia e ameaçadas de extinção no Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, área ainda com conectividade da paisagem com outras formações do corredor verde.

Dentro desse contexto, cabe ressaltar que a bacia do Prata, na qual estão incluídos os corpos d'água que circundam as áreas do corredor verde, está listada entre as dez mais ameaçadas do planeta por conta de obras de infra-estrutura (WONG et al., 2007), necessitando de urgentes ações de recuperação ambiental.

Outros estudos já documentaram o agravamento da fragmentação da paisagem por barragens de grande porte (WU et al., 2003). Especificamente no caso da UHE Porto Primavera, a maior e mais impactante barragem da região, por estar localizada em áreas de planície (SOUZA et al., 2010) deixou grandes áreas alagadas onde existiam registros de espécies ameaçadas da fauna

brasileira, tal como a Onça-pintada na década de 1990 (GONÇALVES et al., in press). A espécie é considerada um “detetive da paisagem”, por sua presença estar condicionada a uma boa qualidade ambiental. A fragmentação da paisagem leva à extinção desse tipo de espécie topo de cadeia (PAGLIA et al., 1997) e, no caso das onças da região, HAAG et al. (2010) já documentaram grande diferenciação genética entre os indivíduos do P.E. Morro do Diabo e áreas sul do corredor verde, além do Pantanal, sugerindo o isolamento da população do Estado de São Paulo.

O isolamento das UC's do corredor verde dependerá de um longo tempo para ser remediado. Esse processo depende de dinâmicas ecológicas e recuperação da paisagem adjacente (DAMSCHEN et al., 2008). Somente atividades de educação ambiental com os produtores rurais da região e projetos de restauração dos ecossistemas podem proporcionar a viabilidade dos parques como unidades de conservação efetivas.

Concluimos que a porção que forma o corredor verde de interior do bioma Mata Atlântica está fortemente alterada principalmente pela ocupação humana e suas atividades intensivas. Adicionalmente, verificamos que são agravantes para a conservação da biodiversidade a forte fragmentação do ecossistema que uma vez foi contínuo e os reservatórios dos barramentos de grande porte que eliminam conectividades dos fragmentos remanescentes com outras áreas deste bioma, resultando no isolamento das principais Unidades de Conservação (UC's).

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesquisas Ecológicas (Nazaré Paulista, SP), Earth Consultoria Ambiental, Instituto Pampa Brasil pelo suporte científico ao projeto e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pelo suporte financeiro a LG Silva.

REFERÊNCIAS

ALO, D.; TURNER, T. F. Effects of habitat fragmentation on effective population size in the endangered Rio Grande silvery minnow. **Conservation Biology** 19(4), 1138-1148. 2005.

AMARAL, M. V.; SOUZA, A. L.; SOARES, V. P.; SOARES, C. P. B.; LEITE, H. G.; MARTINS, S. V.; FERNANDES, E. I.; LANA, J. M. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélite para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. **Revista Árvore** 33(3), 575-582. 2009.

AYRES, J. M.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; QUEIROZ, H. L.; PINTO, L. P.; MASTERSON, D.; CAVALCANTI, R. **Os corredores ecológicos das Florestas Tropicais do Brasil**. Conservation International. 2005.

BESSERT, M. L.; ORTI, G. Genetic effects of habitat fragmentation on blue sucker populations in the upper Missouri River (*Cycleptus elongatus* Lesueur, 1918). **Conservation Genetics** 9(4), 821-832. 2007.

BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; KONSTANT, W.; FLICK, P.; PILGRIM, J.; OLDFIELD, S.; MAGIN, G.; TAYLOR, C. H. Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity. **Conservation Biology** 16(4), 909-923. 2002.

COSTA, R. C.; FUTEMMA, C. R. T. Racionalidade com Compromisso: Os Assentados do Ribeirão Bonito (Teodoro Sampaio-SP) e o Projeto de Conservação Ambiental. **Ambiente & Sociedade** 9, 128-148. 2006.

CLARK LABS. **Idrisi Taiga 16.0 Software**. Clark University, EUA. 2010.

DAMSCHEN, E.; BRUDVIG, L. A.; HADDAD, N. M.; LEVERY, D.; ORROCK, J. L.; TEWKSBURY, J. J. **The movement ecology and dynamics of plant communities in fragmented landscapes**. PNAS 105(49), 19078-19083. 2008.

ECHEVERRIA, C.; COOMES, D. A.; HALL, M.; NEWTON, A. Spatially explicit models to analyze forest loss and fragmentation between 1976 and 2020 in southern Chile. **Ecological Modelling** 282, 439-449. 2008.

ESRI. **ArcGIS Desktop: Release 9.3**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2009.

GONÇALVES, L.; HAAG, T. & EIZIRIK, E. **Influência de variáveis ambientais sobre a distribuição espacial do melanismo em *Panthera onca* no corredor verde sul-americano (Argentina e Brasil)**. In press. 2011.

HAAG, T.; SANTOS, A. SANA, D.; MORATO, R. G.. CULLEN JR., L.; CRAWSHAW, P.; DE ANGELO, C.; DI BITETTI, M.; SALZANO, F. M.; EIZIRIK, E. The effect of habitat fragmentation on the genetic structure of a top predator: loss of diversity and high differentiation among remnant populations of Atlantic Forest jaguars (*Panthera onca*). **Molecular Ecology** 19(22), 4906-4921. 2010.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Imageamento LANDSAT ETM 7+**. Disponível em: <www.inpe.gov.br>. Acesso em: 2011.

INSTITUTO DAS FLORESTAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **O Parque Estadual do Morro do Diabo: patrimônio da biodiversidade**. Publicação avulsa do IFSP. 2011.

KASPER, C. B.; MAZIM, F. D.; SOARES, J.; OLIVEIRA, T. G., FABIAN, M. Composição e Abundância Relativa dos Mamíferos de Médio e Grande Porte no Parque Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 24(4), 1087-1100. 2007.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. MMA, 907, pp. 2008.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREX, J. & FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX eds. 2006.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403, 853-858. 2000.

OSBORNE, P. E.; ALONSO, J. C.; BRYANT, R. G. Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with great bustards. **Journal of Applied Ecology** 38, 458-471. 2001.

PAGLIA, A. P.; FERNANDEZ, F. A. S.; MARCO, P. **Efeitos da fragmentação de habitats: essências da biologia da conservação**. 1997.

RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELAE, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation** 7, 385-403. 1998.

ROCHA, P. C. Morphogenesis and connectivity across fluvial environments of high Parana River, South-Center of Brazil. **Boletim de Geografia** 28(2), 157-176. 2010.

SILVEIRA, C. S.; SILVA, V. V. Dinâmicas de regeneração, degeneração e desmatamento da vegetação provocadas por fatores climáticos e geomorfológicos: Uma análise geocológica através de SIG. **Revista Árvore** 34(6), 1025-1034. 2010.

SOUZA FILHO, E. E.; ZANETTI, K.; PINESE, J. P. P.; FRANÇA, V. The Hydrochemistry of the Parana River after Porto Primavera Dam. **Boletim de Geografia** 28(2), 101-112. 2010.

WONG, C. M.; WILLIAMS, C. E.; PITTOCK, J.; COLLIER, U.; SCHELLE, P. **World's Top 10 rivers at risk**. WWF International. Gland, Switzerland. 2007.

WU, J.; HUANG, J.; HAN, X.; XIE, Z.; GAO, X. Three-Gorges Dam: Experiment in Habitat Fragmentation?. **Science** 300, 1239-1240. 2003.

Data de submissão: 11.09.2013

Data de aceite: 28.07.2014

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.