
Integrando padrões e processos para planejar sistemas regionais de unidades de conservação

RICARDO BOMFIM MACHADO^{1 + *}
MÁRIO BARROSO RAMOS NETO¹
SANDRO MENEZES SILVA²
GEORGE CAMARGO²
ELAINE PINTO²
RAFAEL LUIS FONSECA¹
CRISTIANO NOGUEIRA^{1 +}
ANA PIMENTA RIBEIRO¹

¹ Conservação Internacional, Brasília, Brasil.

² Conservação Internacional, Campo Grande, Brasil.

⁺ Endereço atual: Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília, Brasil.

* e-mail: rbmac@unb.br

RESUMO

A conservação da biodiversidade é um dos grandes desafios da humanidade, não somente pela dificuldade de compatibilização entre o uso racional dos recursos e o desenvolvimento, mas também pela complexidade que o termo abrange. A biodiversidade não se refere apenas às espécies, mas também à variabilidade genética, grupos, subespécies, populações, ecossistemas, paisagens, biomas e processos ecológicos associados. Tradicionalmente, a abordagem dos conservacionistas tem sido focada ou em espécies (ameaçadas, endêmicas ou raras) ou em ecossistemas. Contudo, pouco se tem avançado na proteção de processos ecológicos que são fundamentais para a manutenção da dinâmica dos ecossistemas, espécies e suas populações. Parte da dificuldade reside no fato dos processos ocorrerem em diferentes escalas geográficas e temporais, como processos locais (polinização, predação, competição), regionais (dispersão de indivíduos) ou ainda mais amplos (migração de espécies, especiação). Outro empecilho considerável para a inclusão dos processos ecológicos em esquemas de conservação é o mapeamento dos mesmos. Ao contrário da distribuição de espécies e devido à complexidade do tema, o mapeamento dos processos requer uma boa dose de extrapolação e estudos mais detalhados, muitas vezes de longo prazo. Para ilustrar a possibilidade da inclusão dos processos ecológicos em esquemas de priorização de áreas para a conservação, utilizamos dois tipos de informação espaciais que fossem indicadores da ocorrência de processos hidrológicos no Pantanal: áreas de nascentes e áreas de produtividade primária. Integramos essas informações espaciais com dados de ocorrência de espécies ameaçadas e tipos de vegetação e usamos a abordagem do planejamento sistemático para a conservação para produzir um mapa de áreas insubstituíveis na bacia do rio Negro. O exercício foi bastante útil para entendermos os desafios e as potencialidades do uso de mapas representativos dos processos ecológicos no planejamento para conservação de regiões naturais.

ABSTRACT

Biodiversity conservation is one of the current challenges in biological sciences, not only due to the difficulties in integrating biodiversity and human development, but also due to the complexity of representing biodiversity itself. Biodiversity is not only formed by species, but also by genetic diversity, groups of individuals, populations, communities, ecosystems, landscapes, biomes and associated ecological processes. Traditionally, biodiversity conservation is heavily focused on the maintenance of patterns and very few conservation planning exercises incorporate information on biological processes. Since processes are essential to ensure biodiversity persistence, these should be an integral part of planning schemes. Part of the limitations on the integration of ecological processes on the systematic planning process is related with the difficulties in mapping these processes. Unlike more objective attributes such as species or ecosystems, ecological process mapping may require some extrapolation and detailed information on its scale or influence. To illustrate the possibility to incorporate ecological process on conservation planning schemes, we consider here two sets of spatial information as indicators of the occurrence of hydrological process on the Pantanal: headstream areas and permanent water bodies important to maintain the inundation pulse on the region, and areas with high gross primary productivity, assumed as important for population dynamics of aquatic and riparian organisms. We integrated such set of information with species occurrence data (threatened and restricted range species) and a map with different vegetation types (as a surrogate for ecosystems) in order to produce an irreplaceability map of the Rio Negro region, Pantanal. The exercise allows us to understand the challenges and advantages of the use of representative maps of ecological process in a systematic conservation planning framework.

INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade tem sido planejada e promovida basicamente com a representação de padrões de ocorrência de espécies (Danielsen & Treadaway, 2004; Eken *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2004) ou de ecossistemas (Noss, 1996; Pressey *et al.*, 2000; Reyers *et al.*, 2001) ou ambos (Cowling & Pressey, 2003; Balmford, 2003; Pressey *et al.*, 2003). Mesmo considerando que os processos ecológicos fazem parte da biodiversidade, eles não têm sido considerados como objetos de conservação na maior parte dos estudos de priorização de áreas ou mesmo nos objetivos da Convenção sobre Diversidade Biológica. Criada em 1992, a CBD apresenta a biodiversidade como um conceito hierárquico, composto de três níveis primários de organização a serem protegidos: genes, espécies e ecossistemas (MMA, 2000). Contudo, os processos ecológicos só foram formalmente considerados objetos de conservação com a aprovação do Programa de Trabalho em Áreas Protegidas na Sétima Conferência das Partes (UNEP-CDB 2004). No plano, recomenda-se que cada Parte avalie seu sistema de áreas protegidas e considere como critérios relevantes a insubstituibilidade e os requerimentos mínimos para a manutenção de processos migratórios, integridade, processos ecológicos e serviços ecossistêmicos (atividade sugerida número 1.1.5).

Processos ecológicos, que são as diversas relações contínuas ou esporádicas que os componentes da biodiversidade mantêm entre si ou isoladamente, fazem parte da biodiversidade, sendo essenciais para assegurar a manutenção da mesma ao longo do tempo. Exemplos de processos ecológicos incluem aqueles que ocorrem na escala local, como a polinização e a predação, na escala regional, como a dispersão de sementes e pequenos movimentos de migração, ou na escala global, como a migração ou os processos evolutivos. Alguns autores (Reyers *et al.*, 2002; Rouget *et al.*, 2003) sugerem que a biodiversidade somente poderá ser mantida no longo prazo se os processos ecológicos e evolutivos forem incluídos nos esquemas de conservação.

A manutenção de comunidades, de ecossistemas íntegros e dos processos ecológicos associados é condição básica para que as espécies e ecossistemas sejam mantidos no longo prazo, mas também para que esses mantenham outros processos abióticos. O pulso de inundação no Pantanal é um bom exemplo de processo hidrológico de origem abiótica, mas que apresenta uma total interdependência com a biodiversidade. Os pulsos de inundação no Pantanal variam bastante de ano a ano ou mesmo entre décadas (Hamilton *et al.*, 2002), mas a existência de comunidades de espécies e ecossistemas íntegros pode ser condição fundamental para a manutenção de tal processo. Áreas de cabeceiras de rios bem protegidas, cursos

d'água preservados e áreas de alagamento mantidas podem ser de fundamental importância para a existência do Pantanal, considerado a maior planície inundável do planeta com mais de 146.000km². O presente estudo teve como objetivo avaliar a inclusão de processos ecológicos em esquemas de planejamento regional da biodiversidade e para identificar os desafios e as potencialidades do uso de mapas representativos dos processos ecológicos em tais exercícios de planejamento.

MÉTODOS

Área de estudo

A região de estudos selecionada para a realização das análises foi a bacia do rio Negro, afluente da margem esquerda do rio Paraguai no estado do Mato Grosso do Sul. O rio Negro nasce na Serra de Maracaju, em área de Cerrado, e atravessa a planície do Pantanal no sentido

leste-oeste (Figura 1). Os ambientes naturais na região permanecem ainda pouco alterados, sendo que pouco mais de 27% das formações vegetais foram removidos (ver item “Análise de Fragmentação de Ecossistemas” abaixo). Predominam na região as formações vegetais savânicas, sendo que o cerrado sentido restrito, matas semidecíduas e campo cerrado ocorrem nas regiões mais elevadas (próximo à Serra de Maracaju) e as formações típicas do Pantanal (brejos e alagados com macrófitas, cordilheiras [formações de cerrado mais densas na divisa de lagoas e cursos d'água], campos úmidos, carandazais [com o predomínio da palmeira *Copernicia alba*] ocorrem na área de planície. A região é pertencente ao pantanal da Nhecolândia (Hamilton *et al.*, 1995), um tipo de paisagem pantaneira onde é bastante frequente a presença de baías e salinas (coleções d'água salobra). A bacia do rio Negro é tratada pela Conservação Internacional como um corredor de biodiversidade (Sanderson *et al.* 2003), onde ações de

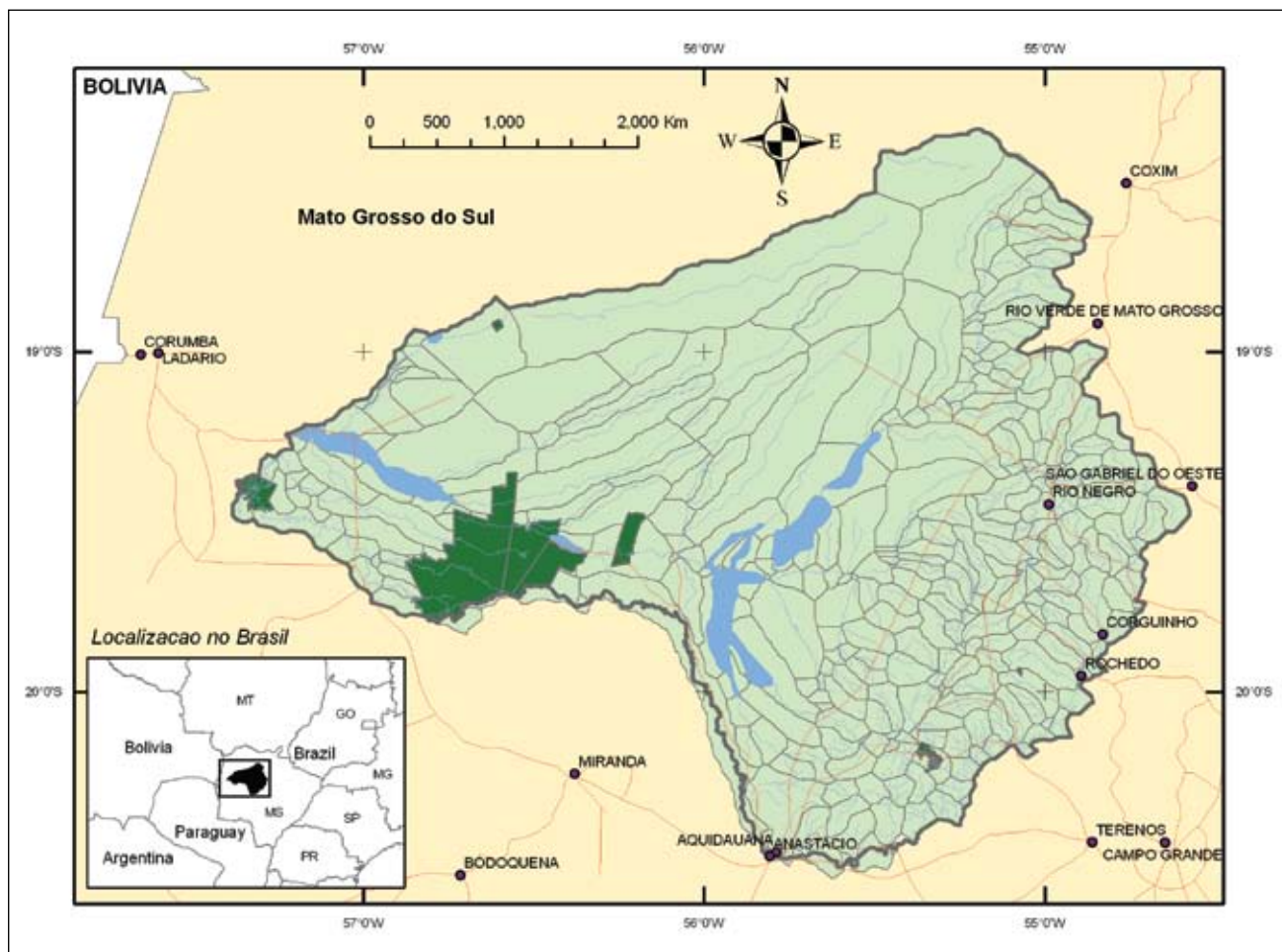


FIGURA 1 – Localização do Corredor de Biodiversidade Maracaju-Negro e divisão da região em unidades de planejamento. As áreas em verde escuro representam as unidades de conservação existentes.

proteção da biodiversidade e manejo da paisagem são conduzidas desde 2000. O Corredor possui aproximadamente 3,68 milhões de hectares, sendo que apenas 4,8% dessa área encontram-se protegidos por unidades de conservação. A maior das áreas é o Parque Estadual do Pantanal do Rio Negro, com 78.000 hectares. O Corredor abrange 12 municípios e uma população de pouco mais de 23 mil habitantes. A atividade econômica predominante é a pecuária. De acordo com o Censo Agropecuário realizado em 2006 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem cerca de 13 milhões de cabeças de gado, o que representa 23% do rebanho do estado do Mato Grosso do Sul.

Unidades de planejamento

O Corredor de biodiversidade Maracaju-Negro (CBMN) foi dividido em 347 unidades de planejamento (Figura 1), correspondentes às microbacias de captação. O mapa original das microbacias foi produzido pela Agência Nacional das Águas – ANA tendo como base mapas na escala 1:1.000.000. As unidades de planejamento (UP) são necessárias para a integração de diferentes tipos de informações espaciais e para o desenho de um sistema representativo de unidades de conservação. O mapa de microbacias foi cruzado com um mapa contendo as unidades de conservação existentes (incluindo unidades públicas e privadas) para a identificação daquelas porções territoriais disponíveis ou já reservadas para a conservação. Os mapas e tabelas necessários para a realização das análises foram preparados com o uso do programa CLUZ (*Conservation Land Use Zoning*) (Smith, 2004). A abordagem utilizada para a delimitação e subdivisão da região de estudos é semelhante àquela utilizada por Higgins *et al.* (2005), onde o Pantanal corresponderia à unidade aquática zoogeográfica, o Corredor de Biodiversidade corresponderia à unidade de drenagem ecológica e as microbacias corresponderiam aos sistemas ecológicos aquáticos.

Objetos e metas para conservação

Para a avaliação da eficiência do conjunto de unidades de conservação existentes no CBMN e para a identificação de áreas complementares para o desenho de um sistema representativo, selecionamos alguns componentes da biodiversidade considerados relevantes para a região. Entes esses componentes estão espécies de vertebrados terrestres (aves, mamíferos, anfíbios e répteis) e peixes ameaçados ou de distribuição restrita. Tais espécies correspondem aos critérios 1 e 2 sugeridos por Eken *et al.* (2004) para a identificação de áreas

importantes para a conservação da biodiversidade (mas ver Aleixo, neste volume). Além desses objetos de conservação, incluímos nas análises tipos diferentes de vegetação, áreas de expressiva produtividade primária e mapas contendo áreas consideradas importantes para a manutenção de processos hidrológicos da região (Tabela 2).

Espécies

Ao todo foram incluídas nas análises 35 espécies de peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos consideradas globalmente ameaçadas (13 no total), quase ameaçadas (10 no total) ou não-ameaçadas (12 no total) (Tabela 1). As ocorrências das espécies foram mapeadas e representadas nas unidades de planejamento por meio de pontos. Como foi considerada somente a presença das espécies nas unidades de planejamento, descartamos os pontos adicionais ou redundantes para essa situação. Por requerimentos do programa utilizado no desenho de soluções espaciais de conservação (ver abaixo), cada espécie recebeu um peso correspondente ao seu grau de importância ou grau de ameaça. As espécies com status mais crítico de conservação receberam valores maiores do que as espécies com menor preocupação para a conservação (Tabela 1).

Tipos de vegetação

Uma vez que os registros das espécies encontram-se muito concentrados em poucas regiões do CBMN e tal situação poderia causar um viés nos resultados, optamos por também incluir os tipos de vegetação como objeto de conservação. Utilizamos o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE 1993) para representação dos tipos predominantes de vegetação ao longo do Corredor. Em cada unidade de planejamento calculamos a área ocupada pelos diferentes tipos de vegetação mapeados. Como metas de conservação, observamos aquilo que é estipulado pelo Código Florestal Brasileiro (Brasil 1965) para a proteção de ecossistemas nativos. Além dos 20% previstos na legislação para as reservas legais, acrescentamos mais 5% de proteção referente às áreas de preservação permanente. O peso considerado para esse tipo de objeto foi o mesmo para as espécies de menor preocupação para a conservação.

Coleções permanentes de água e nascentes de rios

A partir do mapa de hidrografia do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 2003), selecionamos as áreas de inundação permanente no CBMN. Tais corpos d'água foram considerados objetos de conservação importantes para a manutenção

TABELA 1 – Relação dos objetos de conservação selecionados para o desenho de um sistema representativo de áreas protegidas no Corredor de Biodiversidade Maracaju-Negro. Os valores das metas e da ocorrência total das espécies considerados estão em número de registros e para os demais objetos, a representação está em hectares. A coluna “Meta” representa o total a ser protegido na região e a coluna “Peso” representa o grau de prioridade para a inclusão nas soluções espaciais. Observação sobre as categorias de conservação: LC = menor preocupação (*Less Concerning*), NE = não avaliado (*Not Evaluated*), NT = quase ameaçado (*Near Threatened*), VU = vulnerável (*Vulnerable*), EN = em perigo (*Endangered*), CR = criticamente em perigo (*Critically Endangered*).

TIPO DE OBJETO	GRUPO	NOME	META	PESO	PROTEÇÃO ATUAL	REGISTROS TOTAIS	% PROTEGIDA	STATUS
Ecossistemas	Ecossistemas	Savana Parque	143098	20	88440	476993	61,8	
Ecossistemas	Ecossistemas	Savana-arboreo-aberta	224118	20	79474	747061	35,5	
Ecossistemas	Ecossistemas	Savana-arboreo-densa	4	20	72806	821681	29,5	
Ecossistemas	Ecossistemas	Savana-Floresta-Transição	128534	20	119630	428448	93,1	
Ecossistemas	Ecossistemas	Savana-gramineo-lenhosa	342137	20	529750	1140458	154,8	
Espécies	Anfíbios	<i>Epipedobates braccatus</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Anfíbios	<i>Leptodactylus syphax</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Anfíbios	<i>Physalaemus fuscomaculatus</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Anfíbios	<i>Physalaemus nattereri</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Aves	<i>Alecturus tricolor</i>	1	60	1	1	100,0	VU
Espécies	Aves	<i>Alipiopsitta xanthops</i>	2	40	2	2	100,0	NT
Espécies	Aves	<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i>	4	80	11	21	275,0	EN
Espécies	Aves	<i>Campephilus leucopogon</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Aves	<i>Harpyhaliaetus coronatus</i>	2	80	2	2	100,0	EN
Espécies	Aves	<i>Herpsilochmus longirostris</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Aves	<i>Oryzoborus maximiliani</i>	1	40	1	1	100,0	NT
Espécies	Aves	<i>Polystictus pectoralis</i>	2	40	2	4	100,0	NT
Espécies	Aves	<i>Sporophila cinnamomea</i>	2	60	2	2	100,0	VU
Espécies	Aves	<i>Sporophila melanogaster</i>	1	40	1	1	100,0	NT
Espécies	Aves	<i>Sporophila nigrorufa</i>	1	60	1	1	100,0	VU
Espécies	Aves	<i>Sporophila palustris</i>	1	80	1	1	100,0	EN
Espécies	Aves	<i>Thamnophilus sticturus</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Mamíferos	<i>Blastocerus dichotomus</i>	3	60	5	7	166,7	VU
Espécies	Mamíferos	<i>Chrysocyon brachyurus</i>	3	40	5	8	166,7	NT
Espécies	Mamíferos	<i>Clyomys bishopi</i>	1	60	1	1	100,0	VU
Espécies	Mamíferos	<i>Dasyprocta azarae</i>	4	60	11	16	275,0	VU
Espécies	Mamíferos	<i>Leopardus pardalis</i>	4	20	11	19	275,0	LC
Espécies	Mamíferos	<i>Leopardus tigrinus</i>	2	40	2	3	100,0	NT
Espécies	Mamíferos	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	4	40	10	13	250,0	NT
Espécies	Mamíferos	<i>Natalus stramineus</i>	1	20	1	1	100,0	LC
Espécies	Mamíferos	<i>Oncifelis colocolo</i>	2	40	2	4	100,0	NT
Espécies	Mamíferos	<i>Ozotoceros bezoarticus</i>	1	20	1	1	100,0	NE
Espécies	Mamíferos	<i>Panthera onca</i>	3	40	3	6	100,0	NT
Espécies	Mamíferos	<i>Priodontes maximus</i>	2	60	2	3	100,0	VU
Espécies	Mamíferos	<i>Pteronura brasiliensis</i>	4	80	7	16	175,0	EN
Espécies	Mamíferos	<i>Puma concolor</i>	4	40	7	11	175,0	NT
Espécies	Mamíferos	<i>Speothos venaticus</i>	2	60	2	2	100,0	VU
Espécies	Mamíferos	<i>Tapirus terrestris</i>	4	60	11	20	275,0	VU
Espécies	Peixes	<i>Apteronotus caudimaculosus</i>	1	20	1	1	100,0	NE
Espécies	Répteis	<i>Bronia bedai</i>	1	20	1	1	100,0	NE
Processos	Processos	Brejo 1	2207	20	2942	2942	133,3	
Processos	Processos	Brejo 2	33038	20	37625	44051	113,9	
Processos	Processos	Brejo 3	15447	20	18845	20596	122,0	
Processos	Processos	Brejo 4	7224	20	7651	9632	105,9	
Processos	Processos	Brejo 5	23533	20	22406	31377	95,2	
Processos	Processos	Brejo 6	1108	20	1383	1477	124,8	
Processos	Processos	Nascentes	124	40	32	165	25,8	
Processos	Processos	Produtividade	97732	40	97604	130309	99,9	

TABELA 2 – Racionalidade para a escolha dos objetos de conservação, metas e fontes básicas dos dados.

TIPO DE OBJETO	RACIONALIDADE	FONTE PRIMÁRIA DE DADOS	METAS ESTABELECIDAS	REFERÊNCIA
Espécies ameaçadas de extinção	Organismos que possuem uma maior probabilidade de desaparecimento caso ações de conservação não sejam implementadas	Base de dados da Conservação Internacional	Todas as ocorrências até dois registros, metade das ocorrências até quatro registros e 25% das ocorrências para os demais casos	Eken <i>et al.</i> (2004)
Espécies de distribuição restrita	Organismos típicos e restritos a determinadas regiões, sendo que a proteção de suas populações somente pode ser feita em poucos locais	Base de dados da Conservação Internacional	Idem acima	Eken <i>et al.</i> (2004)
Tipos de vegetação	Uma vez que os registros de espécies são muito concentrados em determinadas regiões, o mapa de vegetação atua como um “substituto” da biodiversidade	Mapa de Vegetação do Brasil (agrupados por classes de vegetação)	25% da área de cada formação vegetal, em observação ao que dispõe o Código Florestal Brasileiro	IBGE (1993)
Nascentes de rios	As nascentes dos rios que abastecem a região são importantes para a manutenção do pulso de inundação sazonal observado no Corredor de Biodiversidade	Mapa de hidrografia da Agência Nacional de Águas - ANA	75% de todas as nascentes, representadas por pontos	ANA (www.ana.gov.br)
Brejos permanentes	Os brejos que são perenes foram considerados importantes para a regulação e a manutenção do pulso de inundação da região	Mapa do Brasil ao Milionésimo - IBGE	75% da área ocupada pelos brejos	IBGE (2003)
Produtividade primária	Áreas com intensa atividade fotossintética (grande produtividade primária) podem ser responsáveis pela manutenção de espécies (vide van Rensburg e Chow [2002] para detalhes) ou de ciclos de carbono	Imagens do sensor MODIS, produto MOD17a	75% da área ocupada pelas áreas de expressiva produtividade primária	NASA (http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome)

dos processos hidrológicos (Tabela 2) e, desta forma, foram incorporados no planejamento de conservação para a região. Como meta de conservação, estipulamos que 75% da área ocupada por essas formações deveriam fazer parte dos cenários de conservação para a região. O peso considerado para a priorização foi o mesmo dos ecossistemas (Tabela 1).

Áreas de nascentes dos rios do CBMN

Com base no mapa de hidrologia da região (base da Agência Nacional de Águas [ANA, 2006]), mapeamos todas as nascentes dos rios e córregos existentes no CBMN. Em cada unidade de planejamento calculamos a frequência de nascentes existentes e aplicamos uma meta de conservação de 75% do total de nascentes mapeadas (Tabela 2). O peso considerado para a priorização foi o mesmo dos ecossistemas e dos brejos permanentes (Tabela 1).

Áreas de alta produtividade primária

Com base no uso de imagens do sensor MODIS do satélite Terra (produto MOD17a) identificamos as áreas com expressiva produtividade primária em comparação com a variação anual observada entre dois períodos. Utilizamos imagens de Abril/2001 (final do período de cheia) e Agosto/2001 (final do período de seca), sendo que essas foram comparadas em relação aos valores correspondentes à produtividade primária. Selecionamos as regiões que apresentaram alta produtividade nos dois períodos observados. Para tanto, agrupamos os valores das duas imagens em cinco classes e sobrepusemos as classes com os maiores valores de ambas as imagens. Calculamos a área ocupada pelas regiões de alta produtividade primária em cada unidade de planejamento e aplicamos uma meta de 75% de proteção para esse objeto (Tabela 2). O peso considerado para priorização foi o mesmo dos ecossistemas, brejos e nascentes (Tabela 1).

Análise de fragmentação de ecossistemas

Como parte do processo de priorização de regiões para a conservação, realizamos uma análise utilizando cinco variáveis associadas com a fragmentação: área total remanescente em cada micro-bacia, número de fragmentos (considerando uma distância mínima de 250 metros entre conjuntos de *pixels*), tamanho médio dos fragmentos, índice de forma (razão entre a área e o perímetro dos fragmentos) e a distância média para o vizinho-mais-próximo. Todas essas métricas foram calculadas com o programa Patch Analyst 3.0 (Rempel, 2006) e utilizamos como base imagens do sensor MODIS datadas de Abril, Maio, Junho e Julho. As bandas das imagens dessas datas (*near-infrared*, *red* e *middle-infrared*) foram utilizadas em uma análise de classificação não-supervisionada (método ISOCLUSTER) com o uso do programa Idrisi versão Andes (Eastman, 2006). Foram geradas 30 classes que foram posteriormente agrupadas manualmente para classes de nativas ou áreas antropizadas. Para auxiliar esse processo, utilizamos uma composição colorida (RGB para as bandas 4, 5 e 3 respectivamente) de imagens Landsat datadas de Agosto de 2002. Após a extração das variáveis de fragmentação, utilizamos o programa Statistica (StatSoft, 2003) para realizar uma análise de componentes principais. O objetivo da análise foi ordenar as micro-bacias em função do estado de fragmentação com base nos escores do primeiro componente.

Simulações com o programa MARXAN

Com a elaboração de todas as bases de dados, utilizamos o programa MARXAN (Ball & Possingham 2000) para a seleção das áreas complementares para a formação de um sistema representativo de unidades de conservação. O MARXAN foi programado para gerar 500 cenários de conservação e todos os resultados foram representados em um mapa sintético. Utilizamos a opção *summed solution* como indicador da insubstituibilidade [*sensu* Pressey *et al.* (1993)] das micro-bacias do Corredor, sendo que consideramos de alta insubstituibilidade todas as micro-bacias com uma frequência de seleção igual ou superior à média adicionada de um desvio-padrão. Para a seleção de prioridades, combinamos as duas classes de insubstituibilidade (alta e baixa) com duas classes de fragmentação (valores positivos e negativos dos escores do primeiro componente gerado pela PCA). Após a identificação das áreas com maior insubstituibilidade, selecionamos algumas micro-bacias secundárias (com baixa importância para o cumprimento das metas de conservação) para compor cenários de conectividade na região. Com base nessas seleções, criamos três cenários possíveis para a região dos objetos selecionados e criação de conexões entre as áreas importantes para a conservação.

TABELA 3 – Resultado da análise de representatividade dos objetos de conservação considerados no estudo. O termo “Lacuna” foi atribuído aos objetos com menos de 5% da meta atendida pelas unidades de conservação existentes. O termo “Parcial” refere-se aos objetos com meta atingida entre 5% e menos que 100% e o termo “Adequada” refere-se ao cumprimento das metas pelas unidades de conservação existentes.

OBJETOS	ATENDIMENTO DAS METAS		
	LACUNA	PARCIAL	ADEQUADA
Peixes	1		
Anfíbios	4		
Répteis	1		
Aves	10	1	2
Mamíferos	6	10	
Nascentes		1	
Produtividade		1	
Ecossistemas	2	3	
Brejos	5	1	
Total	29	17	2
Porcentagem	60,4%	35,4%	4,2%

RESULTADOS

No Corredor de Biodiversidade Maracaju-Negro existem oito unidades de conservação que totalizam 134.258 hectares. Além de esse conjunto representar apenas 3,6 % da área do CBMN, as unidades estão bastante agrupadas na porção oeste do corredor. Tal disposição espacial possibilita apenas uma conservação parcial dos objetos de conservação definidos para o CBMN. A avaliação da eficiência das unidades de conservação na consecução das metas de conservação estabelecidas demonstrou que apenas 4,2% dos objetos considerados estão adequadamente protegidos pelas áreas existentes (Tabela 3). A maior parte dos objetos (29 ou 60,4%) corresponde a lacunas de conservação na região de estudos. Os demais objetos (17 ou 35,4%) estão parcialmente protegidos pelas unidades de conservação existentes. Proporcionalmente o grupo dos mamíferos é aquele com melhor representação no conjunto de unidades de conservação existentes (Tabela 3).

Os objetos de maior interesse nesse ensaio, ou seja, aqueles que contribuem para a manutenção dos processos ecológicos (brejos permanentes e nascentes) encontram-se pobremente representados nas unidades de conservação existentes. Apenas um dos seis brejos permanentes mapeados está parcialmente presente em uma unidade de conservação. Os demais representam lacunas de conservação. No caso das nascentes, apenas 10 das 124 indicadas para proteção estão protegidas pelo conjunto de unidades da região.

Para assegurar que todos os objetos de conservação estejam minimamente representados nas unidades de conservação (cumprimento das metas acima de 10% do valor estabelecido) será necessário criar áreas protegidas nas diversas porções do corredor. De um total de 301 micro-bacias disponíveis para o estabelecimento de áreas protegidas, onde estão distribuídos os objetos, um conjunto mínimo de 37 micro-bacias (12,2% do total) seria suficiente para a inclusão de todos os objetos selecionados. Como esse conjunto ainda representa uma área considerável (cerca de 668.000 hectares de áreas nativas remanescentes), ainda é possível estabelecer prioridades.

A análise de fragmentação indicou que um total de 201 micro-bacias que podem ser classificadas como fragmentadas. Os dois primeiros componentes gerados pela PCA abrangem 72% da variância observada nas cinco variáveis originais. Duas variáveis, NUMP (número de fragmentos) e MNN (distância média do vizinho mais

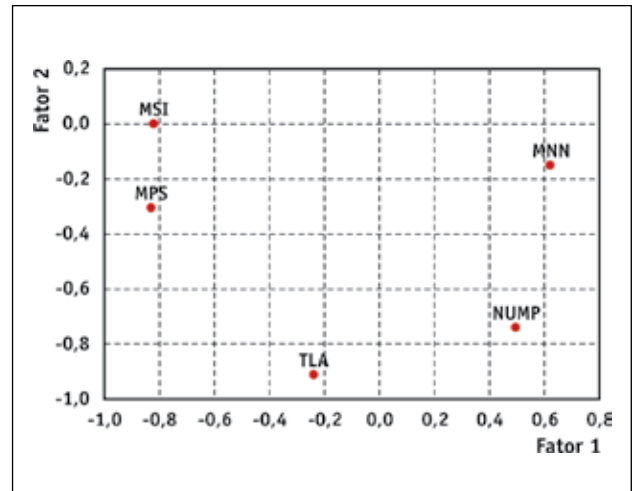


FIGURA 2 – Relação entre as variáveis selecionadas para caracterizar o estado de fragmentação do Corredor de Biodiversidade Maracaju-Negro e os dois primeiros componentes gerados pela PCA.

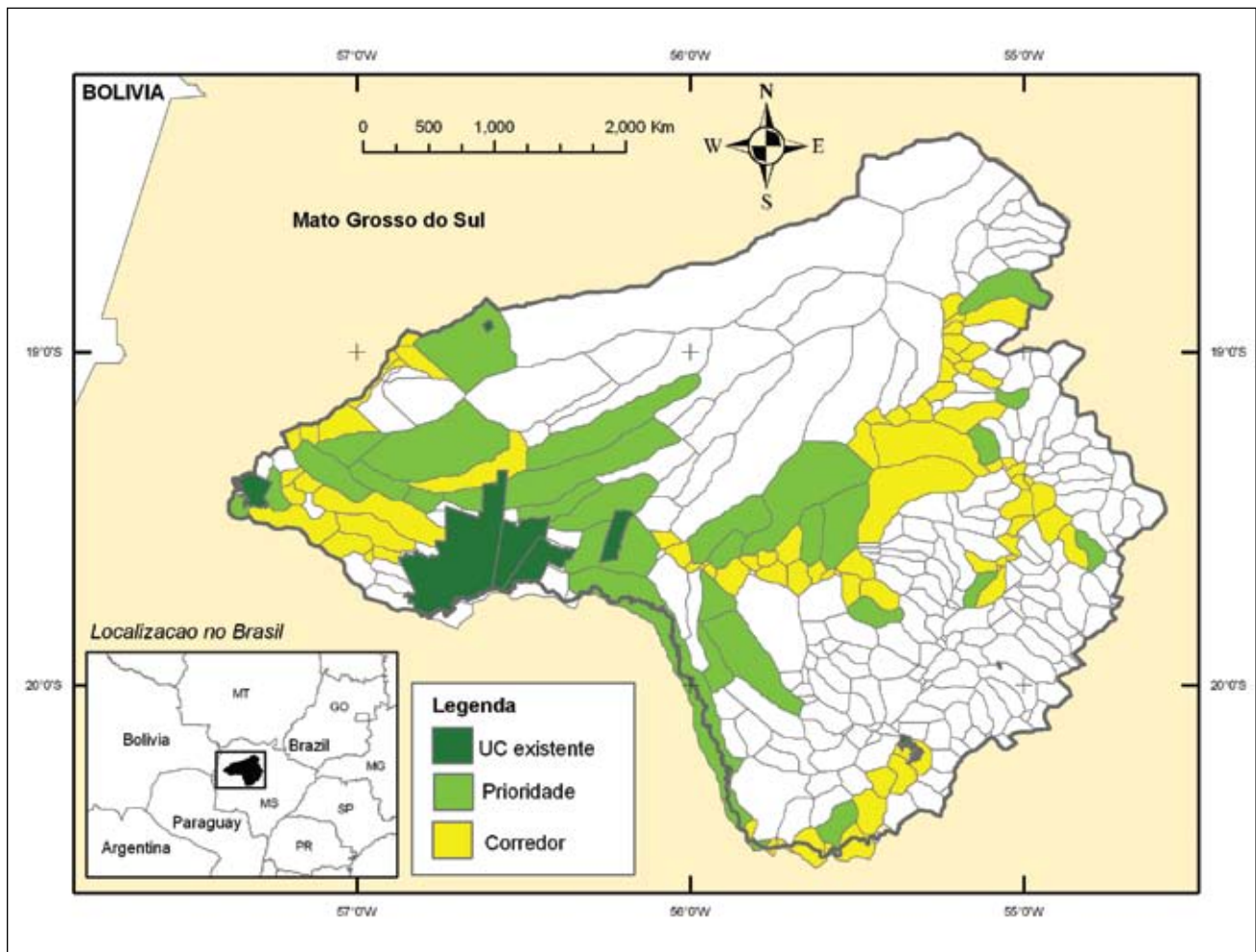


FIGURA 3 – Cenários de conservação para o Corredor de Biodiversidade Maracaju-Negro.

próximo) correlacionaram-se positivamente com o primeiro componente e as demais, MSI (média do índice de forma), MPS (tamanho médio dos fragmentos) e TLS (área total remanescente) correlacionaram-se negativamente (Figura 2). O primeiro componente foi capaz de separar as micro-bacias fragmentadas (que obtiveram escores positivos no primeiro componente) daquelas não-fragmentadas (que obtiveram escores negativos no primeiro componente) (Figura 2). Com isto foi possível classificar as micro-bacias em dois grupos (fragmentadas e não-fragmentadas) para o cruzamento com as micro-bacias de alta insubstituibilidade daquelas de baixa insubstituibilidade.

Tomando como prioridade as micro-bacias com alta insubstituibilidade e ao mesmo tempo fragmentadas, teremos um total de 12 micro-bacias que deveriam ser protegidas ou manejadas imediatamente. Caso esse conjunto de micro-bacias fosse protegido, seria possível assegurar a proteção de 44 dos 48 objetos de conservação selecionados para esse exercício. Para a inclusão dos quatro objetos remanescentes seriam necessárias outras quatro micro-bacias, embora existam 26 opções espaciais para a inclusão desses objetos em uma solução espacial. Desta forma, o conjunto mínimo de 16 áreas necessárias para a criação de um sistema representativo no CBMN totaliza 320.936 hectares, ou 8,7% da área do corredor (Figura 3a).

As demais áreas existentes, ou seja, as micro-bacias de baixa insubstituibilidade podem compor um cenário de conservação da região por meio da manutenção de conexões entre as micro-bacias prioritárias e as demais unidades de conservação existentes. Como o objetivo maior foi a avaliação de áreas importantes para os processos hidrológicos, selecionamos as micro-bacias que poderiam desempenhar tal papel. O resultado indicou que outras 100 micro-bacias poderiam ser selecionadas para formar uma rede integrada de conexões espaciais (Figura 3b).

DISCUSSÃO

O uso da abordagem do planejamento sistemático para a conservação tem sido bastante disseminado em várias regiões do planeta. A identificação de prioridades, contudo, é bastante dependente dos dados utilizados. No caso do Corredor de Biodiversidade Maracaju-Negro, os dados básicos sobre espécies resumem-se a poucos grupos de vertebrados e estão restritos a apenas dados de presença. A priorização de regiões nessas condições tenderá a destacar apenas os locais onde existem informações

sobre as espécies. A inclusão de informações espaciais adicionais, como os tipos de vegetação, tende a contornar tal problema, embora a eficiência de tal abordagem seja ainda bastante discutida. Brooks *et al.* (2004) argumentam que os dados de espécies devem formar a base de qualquer planejamento voltado para a conservação da biodiversidade em função da maior precisão na definição de metas de conservação. Os autores argumentam que o estabelecimento de percentuais como meta de conservação de ecossistemas não permitiria, ao contrário de dados de espécies, a definição dos melhores locais para o estabelecimento de áreas protegidas.

Por outro lado, quando se analisa com maior detalhe a precisão dos dados de ocorrência de espécies, conforme é sugerido por Pressey (2004), nota-se que os mesmos são bastante tendenciosos em função da grande associação com as formas e acesso aos locais de pesquisa (redes de drenagem, estradas, estações em campo, etc.). Como forma de contornar tais problemas com os dados de espécies, vários estudos têm proposto o uso de substitutos ou duplês da biodiversidade, embora em algumas situações haja uma relação variável entre os substitutos e os dados de espécies (Lombard *et al.*, 2003). No caso do presente estudo, os dados de ocorrência de espécies de interesse imediato para a conservação (espécies ameaçadas e de distribuição restrita) encontram-se muito concentrados em determinadas regiões, em especial na porção oeste do CBMN. Para algumas espécies, como a ariranha (*Pteronura brasiliensis*) os dados de ocorrência resumem-se a observações ao longo dos rios da região. Nessa situação, a identificação das áreas de alta insubstituibilidade sempre tenderá a recair sobre os poucos locais caso somente sejam utilizados os registros das espécies. No CBMN foram identificadas 42 unidades de planejamento com grande insubstituibilidade (frequência de seleção acima de 0,77, conforme critério definido para o estudo). Entretanto, apenas 20 dessas unidades atendem as metas definidas para as espécies e as demais 22 unidades atendem as metas estabelecidas para objetos de conservação como os tipos de vegetação, nascentes, áreas de alta produtividade primária e brejos permanentes. Esse resultado é concordante com a sugestão de Lombard e colaboradores (Lombard *et al.*, 2003), que indicam o uso simultâneo de objetos complementares (espécies e ecossistemas) em esquemas de definição de sistemas representativos para a proteção da biodiversidade regional. Outros autores, contudo, sugerem que o uso de duplês de biodiversidade (mapas que expressem uma diversidade ambiental) apresenta pouca relação com os dados de espécies (Araújo *et al.*, 2001). Os autores

concluíram que mapas representativos da diversidade ambiental são fracos preditivos da biodiversidade, ou seja, as áreas com maiores concentração de espécies dos grupos utilizados (vertebrados terrestres e plantas superiores). Contudo, outros autores questionam os resultados e reafirmam como válida tal estratégia (Faith, 2003).

Se há controvérsia no uso de mapas representativos dos ecossistemas ou tipos de vegetação, o uso de mapas representativos de processos ecológicos pode ser ainda mais incerta. Parte da situação reside-se no fato de que ainda não foram amplamente testadas as relações entre determinadas informações espaciais e a biodiversidade. Alguns estudos têm demonstrado que áreas com grande produtividade primária, que podem ser bastante importantes para processos como o sequestro de carbono, também são as mesmas onde é observada uma maior concentração de espécie. Em regiões como a África, van Rensburg e colaboradores (van Rensburg *et al.*, 2002) encontraram uma relação positiva e altamente significativa entre áreas com maior concentração de espécies de aves e as áreas com maiores valores de produtividade primária. Tais áreas representam locais onde a atividade fotossintética é mais elevada e, conseqüentemente, onde também há uma maior produção de biomassa, que é um tema central na discussão sobre sequestro de carbono e mudanças climáticas (Field *et al.*, 1995). No caso do CBMN, as áreas mapeadas como sendo de grande produtividade primária estão localizadas nas porções mais baixas do corredor, na parte oeste. Tais áreas são aquelas que recebem os nutrientes, sedimentos e todo o material carreado das porções mais altas da região pela rede de drenagem. Considerando a grande dinâmica hídrica da região, onde os pulsos de inundação são altamente sazonais, não é de se estranhar que as regiões mais produtivas sejam aquelas localizadas nas porções mais baixas. Desta forma, a manutenção da dinâmica hídrica dos ecossistemas locais deve ser observada em esquemas de seleção de reservas.

O estabelecimento de uma rede de áreas protegidas deve considerar tanto as áreas mínimas a serem mantidas em função de sua relevância para a proteção de padrões de ocorrência quanto áreas intermediárias necessárias para a formação da rede pretendida. Embora diversos métodos possam ser utilizados para a formação de tal rede (Lomolino *et al.*, 2003; Wikramanayake *et al.*, 2004; van Teeffelen *et al.*, 2006), utilizamos simplesmente a rede de drenagem para a formação de tal rede, pois o principal objetivo do estudo foi avaliar a criação de uma rede que pudesse manter os processos hidrológicos do corredor. Há uma grande lacuna de dados sobre a

dinâmica hídrica da região (vazão dos rios, velocidade de escoamento em cheias, consumo humano, qualidade da água, contaminação por produtos químicos oriundos da agricultura nas partes altas, sedimentação, entre outros) que impossibilita a seleção mais rigorosa de áreas importantes para a manutenção de tais processos. Contudo, a abordagem utilizada sugere que os processos ecológicos ou hidrológicos podem ser considerados em sistemas regionais de áreas protegidas desde que os mesmos possam ser mapeados.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse estudo foi possível graças ao apoio da Fundação Gordon e Betty Moore e da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional – USAID. Os mapas foram produzidos com o programa ArcGIS 9.0, gentilmente cedido pela ESRI para a Conservação Internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleixo, A. 2009. Conceitos de espécie e suas implicações para a conservação. *Megadiversidade* 5(1): 87-95.
- ANA (2006) Ottobacias - nível 6. Versão 07/12/2006. Superintendência de Gestão da Informação, Agência Nacional de Águas. Available at: <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/login.asp?urlRedir=/bibliotecavirtual/solicitacao-BaseDados.asp>. Accessed 2008 Nov 14.
- Araújo, M.B., C.J. Humphries, P.J. Densham, R. Lampinen, W.J. M. Hagemer, A.J. Mitchell-Jones & J.P. Gasc. 2001. Would environmental diversity be a good surrogate for species diversity? *Ecography* 24: 103-110.
- Ball, I.R. & H. Possingham. 2000. MARXAN (V1.8.2): Marine Reserve Design Using Spatially Explicit Annealing, a Manual. The Ecology Centre, University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Balmford, A. 2003. Conservation planning in the real world: South Africa shows the way. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 435-438.
- Brasil. 1965. Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965 - institui o novo Código Florestal Brasileiro. Page 10 pp. Diário Oficial, Brasília - DF.
- Brooks, T.M., G.A.B. Fonseca & A.S.L. Rodrigues. 2004. Protected areas and species. *Conservation Biology* 18: 616-618.
- Cowling, R.M. & R.L. Pressey. 2003. Introduction to systematic conservation planning in the Cape Floristic Region. *Biological Conservation* 112: 1-13.
- Danielsen, F. & C.G. Treadaway. 2004. Priority conservation areas for butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera) in the Philippine islands. *Animal Conservation* 7: 79-92.
- Eastman, J.R. 2006. IDRISI Andes - Guide to GIS and Image Processing. Page 284. Clark Labs - Clark University, Worcester, MA.

- Eken, G.V., L. Bennun, T.M. Brooks, W. Darwall, L.D.C. Fishpool, M. Foster, D. Knox, P. Langhammer, P. Matiku, E. Radford, P. Salaman, W. Sechrest, M.L. Smith, S. Spector & A. Tordoff. 2004. Key biodiversity areas as site conservation targets. *Bioscience* 54: 1110-1118.
- Faith, D.P. 2003. Environmental diversity (ED) as surrogate information for species-level biodiversity. *Ecography* 26: 374-379.
- Field, C.B., J.T. Randerson & C.M. Malmstrom. 1995. Global Net Primary Production: combining Ecology and Remote Sensing *Remote Sensing of Environment* 51: 74-88.
- Hamilton, S.K., S.J. Sippel & J.M. Melack. 1995. Inundations Patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive macrowave Remote Sensing. *Hidrologie* 137: 1-23.
- Hamilton, S.K., S.J. Sippel & J.M. Melack. 2002. Comparison of inundation patterns among major South American floodplains. *Journal of Geophysical Research* 107: 2-14.
- Higgins, J.V., M.T. Bryer, M.L. Khoury & T.W. Fitzhugh. 2005. A freshwater classification approach for biodiversity conservation planning. *Biological Conservation* 19: 432-445.
- IBGE. 1993. Mapa de vegetação do Brasil. Escala 1:5.000.000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE. 2003. Base cartográfica integrada digital do Brasil ao Milionésimo - versão 1.0 para ArcGis Desktop/ArcView. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio de Janeiro, RJ.
- Lombard, A.T., R.M. Cowling, R.L. Pressey & A.G. Rebelo. 2003. Effectiveness of land classes as surrogates for species in conservation planning for the Cape Floristic Region. *Biological Conservation* 112: 45-62.
- Lomolino, M.V., G.A. Smith & V. Vidal. 2003. Long-term persistence of prairie dog towns: insights for designing networks of prairie reserves. *Biological Conservation* 115: 111-120.
- MMA. 2000. A Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB. *Biodiversidade* 1:32.
- Noss, R.F. 1996. Ecosystems as conservation targets. *Trends in Ecology & Evolution* 11: 351.
- Pressey, R.L. 2004. Conservation Planning and Biodiversity: Assembling the Best Data for the Job. *Conservation Biology* 18: 1677-1681.
- Pressey, R.L., R.M. Cowling & M. Rouget. 2003. Formulating conservation targets for biodiversity pattern and process in the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation* 112: 99-127.
- Pressey, R.L., T.C. Hager, K.M. Ryan, J. Schwarz, S. Wall, S. Ferrier & P.M. Creaser. 2000. Using abiotic data for conservation assessments over extensive regions: quantitative methods applied across New South Wales, Australia. *Biological Conservation* 96: 55-82.
- Pressey, R.L., C.J. Humphries, C.R. Margules, R.I. Vane-Wright & P.H. Williams. 1993. Beyond opportunism - key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology & Evolution* 8: 124-128.
- Rempel, R. 2006. Patch Analyst 3.0. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Lakehead University Campus, Ontario, CA.
- Reyers, B., D.H.K. Fairbanks, A.S. Van Jaarsveld & M. Thompson. 2001. Priority areas for the conservation of South African vegetation: a coarse-filter approach. *Diversity and Distributions* 7: 79-95.
- Reyers, B., D.H.K. Fairbanks, K.J. Wessels & A.S. Van Jaarsveld. 2002. A multicriteria approach to reserve selection: addressing long-term biodiversity maintenance. *Biodiversity and Conservation* 11: 769-793.
- Rodrigues, A.S.L., H.R. Akçakaya, S.J. Andelman, M.I. Bakarr, L. Boitani, T.M. Brooks, J.S. Chanson, L.D.C. Fishpool, G.A.B. Fonseca, K.J. Gaston, M. Hoffmann, P.A. Marquet, J.D. Pilgrim, R.L. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S.N. Stuart, L.G. Underhill, R.W. Waller, M.E.J. Watts & X. Yan. 2004. Global gap analysis - priority regions for expanding the global protected area network. *Bioscience* 54: 1.092-1.100.
- Rouget, M., R.M. Cowling, R.L. Pressey & D.M. Richardson. 2003. Identifying spatial components of ecological and evolutionary processes for regional conservation planning in the Cape Floristic Region, South Africa. *Diversity and Distributions* 9: 191-210.
- Sanderson, J., K. Alger, G.A.B. Fonseca, C. Galindo-Leal, V.H. Inchausti & K. Morrison. 2003. Biodiversity conservation corridors: planning, implementing, and monitoring sustainable landscapes. Conservation International, Washington, DC.
- Smith, R. J. 2004. Conservation Land-Use Zoning (CLUZ) software <<http://www.mosaic-conservation.org/cluz>>. Durrell Institute of Conservation and Ecology, Canterbury, UK.
- StatSoft, I. 2003. STATISTICA (data analysis software system) - Version 6 -www.statsoft.com.
- UNEP-CDB. 2004. Programme of Work on Protected Areas - 7th Conference of Parties - Decision VII/28. Page 22. Convention on Biological Diversity, Kuala Lumpur, Indonesia.
- van Rensburg, B.J., S.L. Chown & K.J. Gaston. 2002. Species richness, environmental correlates, and spatial scale: a test using South African birds. *American Naturalist* 159: 566-577.
- van Teeffelen, A., M. Cabeza & A. Moilanen. 2006. Connectivity, probabilities and persistence: comparing reserve selection strategies. *Biodiversity and Conservation* 15: 899-919.
- Wikramanayake, E., M. Mcknight, E. Dinerstein, A. Joshi, B. Gurung & D. Smith. 2004. Designing a conservation landscape for tigers in human-dominated environments. *Conservation Biology* 18: 839-844.