

## EXPOSIÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU, ESTADO DO PARANÁ

### EXPOSICIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DEL PARQUE NACIONAL DEL IGUAZÚ, ESTADO DE PARANÁ

#### EXPOSURE TO CLIMATE CHANGE THE IGUAÇU NATIONAL PARK IGUAÇU, PARANÁ STATE

Por DIEGO EDON<sup>1</sup>, MARIANA M. VALE<sup>2\*</sup>

#### RESUMO

As mudanças climáticas atuais representam uma ameaça ubíqua à biodiversidade, com potenciais impactos mesmo em áreas bem preservadas como as unidades de conservação. Aqui quantificamos a exposição do Parque Nacional do Iguaçu às mudanças climáticas segundo as projeções do modelo HADGEM2-ES para 2070, fornecendo previsões para 19 variáveis bioclimáticas. Os resultados apontam para uma alta exposição do parque, com um grande aumento na temperatura média anual variando de 3 a 4,3°C e um aumento moderado na precipitação anual total variando entre 133 a 183 mm.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade. Biodiversidade. Unidade de conservação. Mata Atlântica. Brasil.

#### RESUMEN

El cambio climático actual es una amenaza omnipresente de la biodiversidad, con impactos potenciales, incluso en zonas bien conservadas como áreas protegidas. Aquí se cuantifica la exposición del Parque Nacional de Iguazú al cambio climático de acuerdo con las proyecciones del modelo HadGEM2 ES para 2070, con previsiones para 19 variables bioclimáticas. Los resultados apuntan a una alta exposición del parque, con un gran aumento de la temperatura media anual oscilando entre 3 y 4,3°C y un aumento moderado de la precipitación total anual que oscila entre 133 a 183 mm.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad. Biodiversidad. Unidad de conservación. Bosque Atlántico. Brasil.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro. [diego.edon@hotmail.com](mailto:diego.edon@hotmail.com)

<sup>2</sup> Laboratório de Vertebrados, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. [mvale.eco@gmail.com](mailto:mvale.eco@gmail.com)

\*autor para correspondência

## ABSTRACT

Current climate change is a ubiquitous threat to biodiversity, with potential impacts even in areas well preserved such as protected areas. In this study, we quantify the exposure of the Iguazu National Park to climate change according to the projections of HadGEM2-ES model for 2070, providing forecasts for 19 bioclimatic variables. The results point to a high exposure of the park, with a large increase in the annual average temperature ranging from 3 to 4.3°C and a moderate increase in total annual rainfall ranging between 133 to 183 mm.

**Keywords:** Vulnerability., Biodiversity., Conservation unit., Atlantic Forest., Brazil.

## INTRODUÇÃO

Uma das principais estratégias para a conservação da biodiversidade é o estabelecimento de áreas protegidas (JENKINS; JOPPA et al., 2009). As mudanças climáticas associadas com a emissão antrópica de gases de efeito estufa, no entanto, representam uma ameaça ubíqua à biodiversidade, pois estão presentes mesmo em regiões pouco antropizadas, como as áreas protegidas (MALCOLM et al., 2002). Os efeitos das mudanças climáticas atuais sobre a biodiversidade já podem ser percebidos na fisiologia, distribuição e fenologia das espécies há quase duas décadas (p. ex., HUGHES, 2000) e as previsões futuras são ainda mais preocupantes (IPCC, 2014a). As mudanças na distribuição das espécies, em particular, colocam em cheque o papel de áreas protegidas na manutenção de espécies ameaçadas. No Brasil, por exemplo, estudos começam a apontar para a ineficiência da rede de unidades de conservação (UCs) para a preservação de algumas espécies frente às mudanças climáticas (p.ex., FERRO et al., 2014). Assim, a avaliação de vulnerabilidade das UCs brasileiras às mudanças climáticas é uma ferramenta importante que pode guiar órgãos públicos e pesquisadores na elaboração de estratégias de adaptação a essas mudanças.

A vulnerabilidade de qualquer sistema às mudanças climáticas tem três principais componentes: a sensibilidade, a exposição e a capacidade adaptativa (GLICK; STEIN; EDELSON et al., 2011). A sensibilidade é a medida de quando ou como uma espécie, habitat ou ecossistema pode ser afetado pelas mudanças climáticas, tendo em vista que há espécies e ecossistemas mais sensíveis que outros. A exposição é uma medida da magnitude e frequência destas mudanças climáticas a que uma determinada espécie, *habitat* ou ecossistema estão expostos. Finalmente, a capacidade adaptativa é a capacidade de resposta de uma determinada espécie, *habitat* ou ecossistema de modo a minimizar os efeitos negativos das mudanças climáticas.

Neste estudo avaliamos a exposição às mudanças climáticas do Parque Nacional do Iguazu, Paraná, sul do Brasil, apontando as mudanças esperadas em variáveis bioclimáticas importantes para a manutenção da biodiversidade e propondo abordagens para estratégias de adaptação da unidade frente a essas mudanças.

## MÉTODOS

Para caracterizar o clima atual e futuro no Brasil foram utilizadas as 19 variáveis bioclimáticas disponíveis online (WORLDCLIM, 2016), uma base de dados com um conjunto de camadas climáticas em sistema de informação geográfica com resolução espacial de 1 km<sup>2</sup>. Para o tempo presente, as camadas para cada variável foram desenvolvidas através da interpolação de dados compilados de médias climáticas mensais de estações meteorológicas no período de 1950 a 2000 (HIJMANS et al., 2005). Já para o futuro, em cenário de mudanças climáticas, essas camadas foram geradas por modelos de circulação geral de diversos centros de pesquisa associados ao Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), na sua versão mais atualizada (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 - CMIP5). Neste estudo utilizamos as previsões do modelo HADGEM2-ES para 2070, desenvolvido pelo Hadley Centre for Climate Prediction and Research no Reino Unido (JONES et al., 2011), segundo dois cenários: um assumindo um aumento moderado na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, onde há uma redução das taxas atuais de emissão (RPC 4.5) e outro assumindo um grande aumento nessa concentração (RPC 8.5), numa situação “business as usual”, onde não há redução nas taxas atuais de emissão de gases de efeito estufa.

Utilizamos o *software* ArcGIS para a análise e mapeamento das mudanças do clima no Brasil. Primeiramente foi feita a subtração de cada variável climática nas condições atuais e em 2070 em cada um dos dois cenários de mudanças climáticas, gerando um mapa de diferença climática. As áreas com os maiores valores nos mapas de diferença são aquelas onde há previsão de maior mudança e, portanto, de maior exposição às mudanças climáticas. Do mapa de diferença foram extraídos os valores médios e desvio padrão para a área compreendida dentro do Parque Nacional do Iguapé do Estado do Paraná. Para tanto, utilizamos os limites das Unidades de Conservação do Estado do Paraná disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (ICMBi/Oo, 2016; MMA, 2007).

Como as diferentes variáveis apresentam diferentes unidades de medida, desenvolvemos um índice de exposição geral que representa a soma da exposição de cada variável. Para tanto, os dados foram primeiramente transformados em valores absolutos, pois o índice foca na magnitude da diferença, não importando se as variáveis no futuro terão valores maiores ou menores que no presente. Além disso, como as variáveis são expressas em diferentes unidades, os valores nos mapas de diferença foram normalizados para valores de 0 a 1 utilizando a fórmula:  $x_{norm} = (x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$ , onde  $x$  é o valor do *pixel* a ser normalizado,  $x_{min}$  e  $x_{max}$  são o menor e o maior valor de *pixel* presentes no mapa, respectivamente. O índice geral foi então desenvolvido somando os valores normalizados de diferença para cada uma das 19 variáveis, com valores que variam teoricamente entre 0 (nenhuma mudança) e 19 (mudança máxima em todas as variáveis). O mesmo índice foi desenvolvido utilizando apenas as 11 variáveis de temperatura (variando, portanto, entre 0 e 11) e apenas as oito variáveis de precipitação (variando, portanto, entre 0 e 8). O valor médio dos índices para a área que compreende o Parque Nacional do Iguapé foi calculado, assim como para todas as Unidades de

Conservação de Proteção Integral do Brasil, de modo a estabelecer uma comparação do grau de exposição do Parque Nacional do Iguaçu com as demais UCs.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises apontam para uma exposição muito alta às mudanças climáticas em 2070 no norte do Brasil, sobretudo no Estado do Pará no bioma Amazônia (Fig. 1). As análises também apontam para uma exposição alta no Brasil central nos biomas Cerrado e Pantanal, assim como no sul do país, na região de floresta ombrófila mista do bioma Mata Atlântica (Fig. 1). Já o Parque Nacional do Iguaçu está localizado numa região onde se espera, no contexto nacional, valores médios de exposição às mudanças climáticas (Fig. 1). Assim mesmo, prevemos um aumento importante de temperatura no Parque Nacional do Iguaçu, variando entre 3°C e 4°C, segundo o cenário de emissão de gases (Tabela 1). Incrementos de temperatura, segundo os cenários de emissão, foram observados para todas as variáveis bioclimáticas estudadas, com aumentos particularmente expressivos nas médias de temperatura dos períodos mais quentes e mais secos (Tabela 1). Os aumentos de variáveis de temperatura no Parque Nacional do Iguaçu são em geral maiores quando comparados com as médias para o Estado do Paraná. Além disso, esses valores estão bastante acima do que aponta o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas para a região sul e sudeste do Brasil, com previsão de aumento de temperatura de 1,5 a 2 °C no período de 2041-2070 (PBMC, 2014). As análises também apontam para um aumento moderado da precipitação anual total no parque em 2070, variando entre 133 e 182 mm, segundo o cenário de emissões (Tabela 1). Para todas as demais variáveis bioclimáticas relacionadas à precipitação também foram previstos aumentos, com exceção da precipitação no mês mais seco para a qual prevemos uma pequena redução em comparação com os valores atuais. Esses valores de aumento da precipitação anual estão bem abaixo do que aponta o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas para a região sul e sudeste do Brasil, com previsão de aumento de precipitação de 15 a 20 % no período de 2041-2070 (PBMC, 2014), enquanto os valores encontrados no nosso estudo se traduzem para um aumento de 7,4 a 10,1%, segundo o cenário de emissões.

**Tabela 1** - Diferenças médias (desvio padrão) dos valores de variáveis bioclimáticas entre 2070 e o presente.

	Parque Nacional do		Estado do	
	Iguaçu		Paraná	
	cenário	cenário	cenário	cenário
	otimista	pessimista	otimista	pessimista
	(4.5)	(8.5)	(4.5)	(8.5)
<b>Variáveis de Temperatura</b>				
Temp. média anual (°C x 10)	29,9 (0,4)	42,5 (0,5)	28,6 (3,1)	40,1 (4,1)
Amplitude temp. média diária (°C x 10)	-1,7 (0,5)	2,6 (0,7)	-0,1 (2,5)	3,7 (2,6)
Isotermalidade (°C)	-3,1 (0,4)	-3,2 (0,5)	-2,2 (1,0)	-1,5 (1,2)
Sazonalidade da temp. (°C)	156,6 (19,4)	204,8 (33,1)	68,9 (88,8)	73,2 (101,3)
Temp. máxima do mês mais frio (°C x 10)	30,9 (0,5)	52,8 (1,2)	29,0 (4,0)	45,3 (7,0)
Temp. mínima do mês mais frio (°C x 10)	20,9 (0,3)	34,5 (0,5)	21,4 (2,4)	33,7 (1,7)
Amplitude térmica anual (°C)	10,0 (0,7)	18,2 (1,3)	7,6 (4,7)	11,6 (6,2)
Temp. média do trimestre mais úmido (°C x 10)	15,0 (6,8)	28,1 (6,9)	21,7 (11,3)	31,8 (12,9)
Temp. média do trimestre mais seco (°C x 10)	33,0 (10,4)	48,4 (10,9)	33,9 (13,8)	48,2 (13,6)
Temp. média do trimestre mais quente (°C x 10)	31,4 (0,5)	46,1 (0,7)	28,7 (3,1)	41,1 (4,0)
Temp. média do trimestre mais frio (°C x 10)	26,4 (0,5)	37,4 (0,5)	26,3 (1,7)	36,9 (2,1)
<b>Variáveis de Precipitação</b>				
Prec. anual total (mm)	133,0 (7,6)	182,8 (9,6)	138,9 (81,4)	248,7 (138,7)
Prec. mês mais úmido (mm)	56,4 (2,5)	55,8 (3,1)	35,6 (30,0)	51,6 (32,0)
Prec. mês mais seco (mm)	-6,9 (10,8)	-11,5 (10,0)	-2,9 (10,3)	-0,6 (15,2)
Sazonalidade da prec. (mm)	5,7 (0,5)	5,9 (0,7)	4,1 (3,2)	4,2 (4,0)
Prec. trimestre mais úmido (mm)	67,7 (13,3)	83,3 (15,4)	56,3 (51,0)	80,1 (64,2)
Prec. trimestre mais seco (mm)	6,1 (5,9)	-24,2 (8,1)	9,7 (18,8)	9,9 (47,9)
Prec. trimestre mais quente (mm)	32,5 (1,6)	37,7 (2,7)	28,3 (20,4)	42,0 (30,4)
Prec. trimestre mais frio (mm)	47,0 (4,3)	46,9 (6,1)	34,4 (26,5)	73,5 (40,7)

Fonte: Os autores 2016

**Nota:** Valores para o Parque Nacional do Iguaçu e para o Estado do Paraná em dois cenários de mudanças climáticas segundo o modelo HADGEM-ES.

Os índices de exposição dos municípios do Estado do Paraná apontam para uma maior exposição geral às mudanças climáticas em direção ao sul do Estado, acompanhando os maiores índices de exposição a mudanças na precipitação (Fig. 2). Os índices de exposição a mudanças na temperatura, porém, apresentam maiores valores em direção ao norte do Estado (Fig. 2). O Parque Nacional do Paraná, localizado na região sudoeste do Estado, apresentou índices de exposição moderados a altos (Fig. 2).

Numa comparação dos índices de exposição do Parque Nacional do Iguaçu com os índices das 134 demais unidades de conservação de proteção integral do Brasil (dados não publicados), o parque apresentou um *ranking* médio, com colocação em torno do 74º lugar em termos de exposição às mudanças climáticas (Tabela 2), bastante abaixo das unidades de conservação na Amazônia, que apresentam altíssima exposição às mudanças climáticas. Em relação às UCs do Paraná, no entanto, o Parque Nacional do Iguaçu é a 4ª UC federal de proteção integral com maior exposição do Estado para ambos os cenários de emissões de gases.

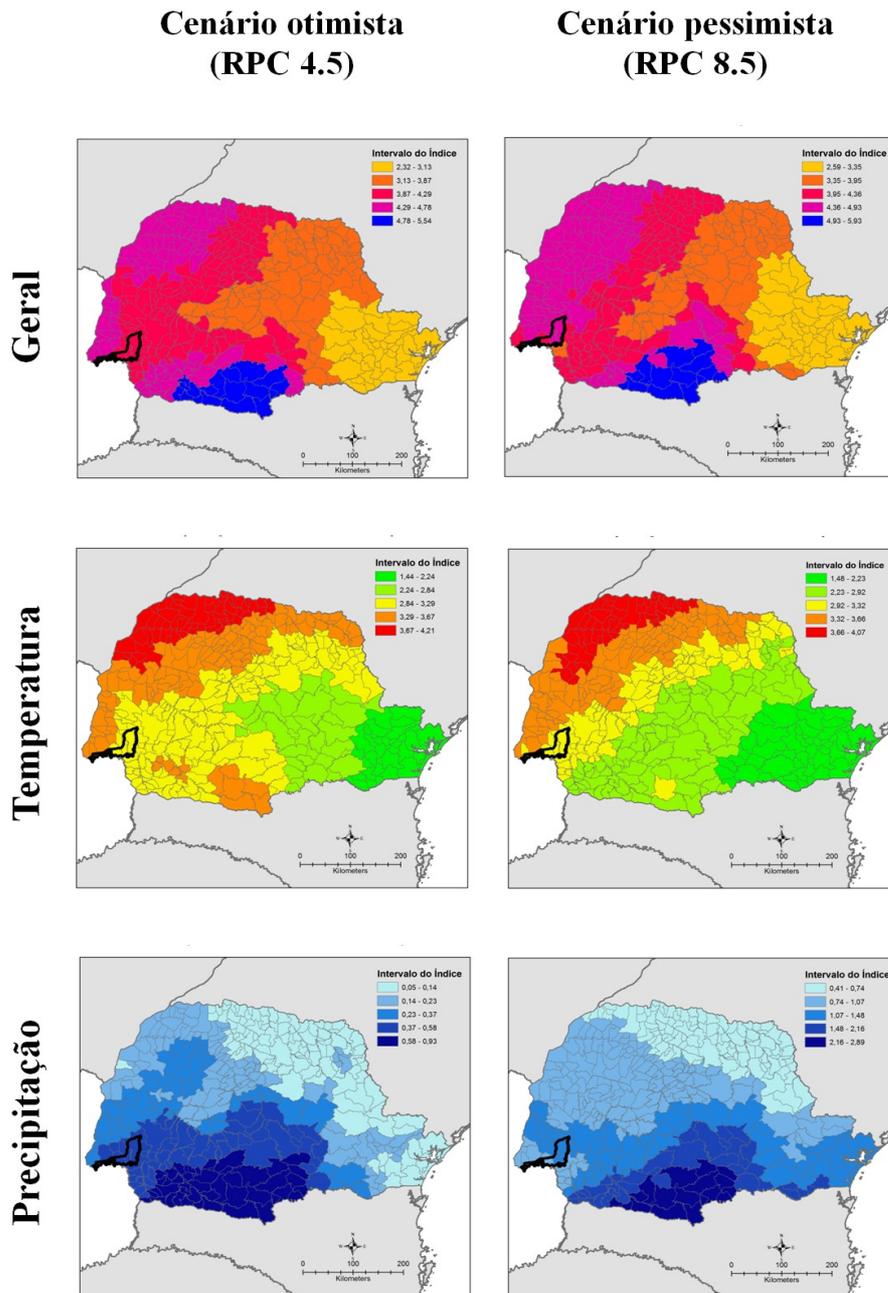


Figura 1 - Índice de exposição às mudanças climáticas no Brasil. Índice para 2070 em dois cenários de mudanças climáticas segundo o modelo HADGEM-ES.

**Nota:** O Estado do Paraná está destacado em preto e a localização do Parque Nacional do Iguazu indicada com seta.

**Tabela 2** - Classificação quanto à exposição das Unidades de Conservação do Estado do Paraná.

Unidade de Conservação	Índice de Índice de						Classificação (Índice Geral RCP 8.5)
	Índice geral		Temperatura		Precipitação		
	RCP	RCP	RCP	RCP	RCP	RCP	
	4.5	8.5	4.5	8.5	4.5	8.5	
Refúgio de Vida Silvestre dos Campos de Palmas	5,68	5,99	3,74	3,10	1,94	2,89	42°
Parque Nacional de Ilha Grande	4,38	4,48	3,76	3,60	0,62	0,88	65°
Reserva Biológica das Perobas	4,26	4,45	3,49	3,47	0,77	0,97	67°
<b>Parque Nacional do Iguazu</b>	<b>4,21</b>	<b>4,32</b>	<b>3,21</b>	<b>3,26</b>	<b>1,00</b>	<b>1,06</b>	<b>74°</b>
Reserva Biológica das Araucárias	3,42	3,88	2,38	2,23	1,04	1,66	83°
Parque Nacional dos Campos Gerais	2,92	3,20	2,43	2,13	0,49	1,07	103°
Reserva Biológica Bom Jesus	2,44	3,00	1,64	1,67	0,80	1,33	111°
Estação Ecológica de Guaraqueçaba	2,42	2,96	1,58	1,62	0,84	1,34	115°
Parque Nacional Guaricana	2,39	2,95	1,66	1,59	0,73	1,36	113°
Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange	2,39	2,94	1,53	1,54	0,86	1,40	114°
Parque Nacional do Superagüi	2,30	2,88	1,43	1,49	0,86	1,39	117°

Fonte: Os autores 2016

**Nota:** Índices para variáveis bioclimáticas apenas de temperatura, índices para variáveis bioclimáticas apenas de precipitação e índices gerais de exposição (soma das variáveis bioclimáticas de temperatura e precipitação) para as 11 Unidades de Conservação Federais de Proteção Integral do Estado do Paraná, bem como suas classificações no *ranking* contendo as 134 Unidades de Conservação Federais de Proteção Integral do país de acordo com o Índice Geral de Exposição.

Mesmo não estando entre as unidades de conservação mais expostas às mudanças do clima, o Parque Nacional do Iguazu merece atenção, pois preserva espécies da fauna e flora brasileiras que não estão presentes em unidades de conservação com maiores índices de exposição na Amazônia. As variáveis bioclimáticas analisadas neste estudo têm relevância para a sobrevivência de espécies vegetais e animais (HIJMANS et al., 2005) e, por isso, podem ser utilizadas para avaliar os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre espécies de interesse no parque. Mesmo que as emissões antrópicas de gases de efeito estufa fossem drasticamente reduzidas a curto prazo, as mudanças climáticas em andamento continuariam a ser sentidas até 2100 (IPCC, 2014). Tendo em vista que as mudanças climáticas são inevitáveis, o Parque Nacional do Iguazu deve estabelecer estratégias de adaptação visando o aumento da resiliência da biodiversidade do parque a essas mudanças. Em linhas gerais, adaptação em nível regional requer uma melhor coordenação institucional, um aumento da perspectiva temporal e espacial, incorporação de cenários de mudanças climáticas em todo o planejamento e

ação, e um aumento no esforço de solução de outras mudanças globais, levando em consideração as necessidades das populações do entorno (HELLER; ZAVALA, 2009). Assim, uma estratégia de adaptação às mudanças climáticas no Parque Nacional do Iguaçu deve, no mínimo: i) incluir explicitamente as previsões de mudanças no plano de manejo da unidade; ii) estabelecer como meta de pesquisa científica o monitoramento das respostas da biodiversidade local às mudanças climáticas em andamento; iii) focar fortemente na minimização de outros estressores ambientais importantes, tais como a perda de cobertura vegetal, a caça e a poluição, dentro e no entorno da unidade. Adicionalmente, a “adaptação baseada em ecossistemas” surge como uma abordagem interessante, compreendendo um conjunto de práticas baseadas na premissa de que os serviços ecossistêmicos têm o potencial de reduzir a vulnerabilidade das populações humanas às mudanças climáticas (VIGNOLA et al., 2009). Assim, numa perspectiva mais ampla, a unidade pode investigar e salientar seu papel na manutenção de serviços ecossistêmicos importantes, como por exemplo, a manutenção do sistema climático e hidrológico local e a provisão de polinizadores para as culturas do entorno, que serão importantes para a resiliência das populações humanas no sudeste do Paraná frente às mudanças climáticas em andamento.

## AGRADECIMENTOS

Diego Edon recebeu uma bolsa PIBIC/CNPq/UFRJ (162378/2015-7) para o desenvolvimento da pesquisa da qual se inserem os resultados neste artigo. Mariana M. Vale recebeu auxílio de MCTI/CNPq/FAPs-PELD (34/2012), CNPq PPBio/Rede BioM.A. (477524/2012-2). Esta é uma contribuição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais financiada pelo projeto CNPq (550022/20147) e FINEP (01.13.0353.00).

## REFERÊNCIAS

FERRO, V. G. et al. ; LEMES, P.; MELO, A.S.; LOYOLA, R. The rReduced eEffectiveness of pProtected aAreas under cClimate cChange tThreatens Atlantic Forest Tiger Moths, *PLoS ONE*, Ontario, v. 9, n. 9, e107792p. 1-10, Sept. 2014.

GLICK, P.; STEIN, Bruce A.; EDELSON, N. A. (Eds.). ; STEIN, B.; EDELSON, N.; GREEN, N.; BEACH, R.; CROSS, M.; ENQUIST, C.; FINCH, D.; GAILBRAITH, H.; GIRVETZ, E.; GROSS, J.; HARRIS, M.; HAYKOE, K.; HOFFMAN, J.; INKLEY, D.; JONES, B.; JOYCE, L.; LAWLER, J.; OJIMA, D.; O’LEARY, J.; YOUNG, B. *Scanning the conservation horizon: a guide to climate change vulnerability assessment*. Washington: The National Wildlife Federation, 2011., 168 p. Disponível em: <[http://www.nwf.org/~media/pdfs/global-warming/climate-smart-conservation/nwfs\\_scanning\\_the\\_conservation\\_horizon\\_final92311.ashx](http://www.nwf.org/~media/pdfs/global-warming/climate-smart-conservation/nwfs_scanning_the_conservation_horizon_final92311.ashx)>. Acesso em: 1 jun. 2015.

HELLER, N. E.; ZAVALETA, E. S. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation*, Montpellier, v. 142, p. 14-32, 2009.

HIJMANS, R. J. et al. ; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* , v. 25, p. 1965-1978, Dec. 2005.

HUGHES, L. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution*, v. 15, n. 2, p. 56-61, Feb. 2000.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente. *Mapa Temático e Dados Geoestatísticos das Unidades de Conservação Federais*. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s>>. Acesso em: 9 out. 2016.

IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. In: FIELD, C. B. et al. ;BARROS,V.R.; DOKKEN,D.J.; MACH,K.J.; MASTRANDREA, M.D.; BILIR, T.E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K.L.; ESTRADA, Y.O.; GENOVA,R.C.; GIRMA, B.; KISSEL, E.S.; LEVY, A.N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA,P.R.; WHITE, L.L. (Orgs.). *Summary for Policy Makers*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014a. p. 1-32.

JENKINS, C. N.; JOPPA, L. Expansion of the global terrestrial protected area system. *Biological Conservation*, Montpellier, v. 142, p. 2166-2174, 2009.

JONES, C. D.; HUGHES, J. K.; BELLOUIN, N.; HARDIMAN, S. C.; JONES, G. S.; KNIGHT, J.; LIDDICOAT, S.; O'CONNOR, F. M.; ANDRES, R. J.; BELL, C.; BOO, K.-O.; BOZZO, A.; BUTCHART, N.; CADULE, P.; CORBIN, K. D.; DOUTRIAUX-BOUCHER, M.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GORNALL, J.; GRAY, L.; HALLORAN, P. R.; HURTT, G.; INGRAM, W. J.; LAMARQUE, J.-F.; LAW, R. M.; MEINSHAUSEN, M.; OSPREY, S.; PALIN, E. J.; PARSONS CHINI, L.; RADDATZ, T.; SANDERSON, M. G.; SELLAR, A. A.; SCHURER, A.; VALDES, P.; WOOD, N.; WOODWARD, S.; YOSHIOKA, M.; ZERROUKAT, et al. M. The HadGEM2-ES implementation of CMIP5 centennial simulations. *Geoscientific Model Development*; v. 4, p. 543-570, 2011.

MALCOLM, J. R. et al. ; MARKHAM, A.; NEILSON, R.P.; GARACI, M. Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *Journal of Biogeography*, v. 29, n. 7, p. 835-849, July 2002.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Dados Geográficos: – Limites Estaduais do Brasil*. 2007. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2016.

PBMC. Primeiro Relatório de Avaliação Nacional. In: AMBRIZZI, T.; ARAUJO, M. (Orgs.). *Base científica das mudanças climáticas: Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas*. primeiro relatório de avaliação nacional. Rio de Janeiro: COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

VIGNOLA, R. et al.; LOCATELLI, B.; MARTINEZ, C.; IMBACH, P. Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 14, n. 8, p. 691-696, 2009.

WORLDCLIM. WorldClim Global Climatic Data. *Free Climate Data for Ecological Modeling and GIS*. Disponível em: <<http://www.worldclim.org/version1>>. Acesso em: 9 out. 2016.