
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

FERNANDA SUEKO OGAWA

**ANÁLISE DAS PROJEÇÕES DE MUDANÇAS
CLIMÁTICAS DO QUINTO RELATÓRIO DO IPCC
DENTRO DAS ÁREAS PROTEGIDAS
BRASILEIRAS**



Rio Claro
2015

FERNANDA SUEKO OGAWA

ANÁLISE DAS PROJEÇÕES DE MUDANÇAS
CLIMÁTICAS DO QUINTO RELATÓRIO DO IPCC
DENTRO DAS ÁREAS PROTEGIDAS BRASILEIRAS

Orientador: Prof. Dr. David Montenegro Lapola

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” -
Câmpus de Rio Claro, para obtenção
do grau de bacharela e licenciada em
Ciências Biológicas.

Rio Claro
2015

551.6
O34a Ogawa, Fernanda S.
 Análise das projeções de mudanças climáticas do quinto
relatório do IPCC dentro das áreas protegidas brasileiras /
Fernanda S. Ogawa. - Rio Claro, 2015
24 f. : il., figs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e
bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: David Montenegro Lapola

1. Climatologia. 2. Temperatura. 3. Precipitação. 4.
Unidades de conservação. I. Título.

Resumo:

Entre os impactos das mudanças climáticas previstas para este século estão as possíveis alterações no padrão de distribuição de espécies, comunidades, e até mesmo biomas. Tais impactos ocorrerão, sem distinção, tanto dentro como fora de áreas protegidas. No Brasil, as unidades de conservação (UCs) estão organizadas segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Porém, a lei federal 9985/2000 que rege o SNUC não contempla a ocorrência de mudanças climáticas e as possíveis ações de manejo para contornar o problema dentro delas. Sendo assim, esta pesquisa pretende, de forma pioneira, iniciar a investigação das mudanças climáticas a ocorrerem dentro das áreas protegidas (AP) em âmbito nacional. Para isso, fez-se uma análise geográfica das mudanças de temperatura e precipitação oriundas de vários modelos climáticos utilizados pelo IPCC no seu quinto relatório dentro das áreas compreendidas dentro das UCs cadastradas no SNUC e Terras Indígenas. Tal análise pautou-se pelos diversos tipos de áreas protegidas e também pelas macrorregiões geográficas do Brasil. Nossos resultados mostram que as APs passíveis de mudanças climáticas mais extremas (aumento de temperatura > 3°C e redução de precipitação >50mm/mês) são aquelas que contemplam a presença de populações tradicionais na região Norte e Centro-Oeste do país. Ao final do projeto os resultados do projeto foram apresentados em Brasília no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Tal interação demonstrou a inexistência de uma estratégia do governo federal para a adaptação das áreas protegidas Brasileiras aos efeitos de mudanças climáticas futuras.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.	4
2. MATERIAL E MÉTODOS	6
2.1.Áreas protegidas	6
2.2.Dados climáticos	8
2.3.Banco de dados clima – áreas protegidas (cap).	8
2.4.Apresentação dos resultados para órgão gestor	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	11
3.1.Configuração espacial	12
3.2.Impactos nas áreas protegidas.	15
3.3. Consulta ao icmbio sobre estratégias de adaptação.	20
4. CONCLUSÕES	21
5. REFERÊNCIAS	22

1. Introdução:

A Terra sempre passou por ciclos que levaram às mudanças climáticas naturais, considerando, por exemplo, que os parâmetros orbitais da Terra variam na escala de dezenas de milhares a centenas de milhares de anos. Outro fator que pode induzir a mudanças climáticas é a quantidade de aerossóis naturais (provenientes de fontes naturais) na atmosfera, e os fenômenos El Niño e La Niña [Sampaio *et al.*, 2008]. Entretanto, o quarto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) argumenta que as mudanças climáticas que vêm sendo observadas desde meados do século XIX são inequivocadamente causadas por atividades antrópicas como queima de combustíveis fósseis e desmatamento, que ocasionam aumento da quantidade de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, principalmente de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄). O acúmulo desses gases na atmosfera intensifica o efeito estufa, reduzindo a saída de calor (radiação de onda longa) para o espaço. Sendo assim, nota-se o crescente aumento da temperatura média global, o chamado aquecimento global [IPCC, 2007; Berkeley Earth Surface Temperature (<http://berkeleyearth.org/>)].

As projeções de temperatura para o final do século XXI na América do Sul geradas pelos modelos constantes no Quarto Relatório do IPCC (IPCC AR5) indicam aumento da temperatura em todo o continente [IPCC 2013]. Ou seja, é certo que o Brasil estará sujeito a impactos climáticos adversos. Esse aquecimento irá variar de acordo com o grau de emissão de GEE nas próximas décadas [Sampaio *et al.*, 2008]. De acordo com o conjunto de modelos utilizados no IPCC-AR5, estimou-se um aumento na temperatura média global de 2-4°C até 2100. Quanto às mudanças na precipitação ainda há muita incerteza, porém, as projeções indicam que é muito provável que haja aumento da intensidade de precipitação principalmente na região tropical e uma tendência de redução de precipitação durante a estação seca (jun-jul-ago) em quase todo subcontinente [IPCC, 2013].

Em nível global, entre os inúmeros impactos ambientais decorrentes deste aquecimento, estão a possível extinção ou mudança na distribuição de espécies [Colombo e Joly, 2010], comunidades [Berchez *et al.* 2008] e até mesmo biomas inteiros [Cox *et al.* 2004; Scholze *et al.* 2006; Lapola *et al.* 2009].

Ao ser avaliado os impactos das mudanças climáticas sobre os biomas da América do Sul, utilizando um modelo de vegetação potencial que não considera os mecanismos de feedback entre o CO₂ atmosférico e a vegetação, foi demonstrado

consensualmente uma tendência de savanização da Amazônia e semi-desertificação do Nordeste brasileiro, ou seja, substituição por biomas menos produtivos [Nobre *et al.*, 2004; Salazar *et al.* 2006]. Porém os impactos no clima e na vegetação podem ser completamente diferentes considerando os mecanismos de interação CO₂ – vegetação, como o efeito de fertilização por CO₂. Esse efeito faz com que a relação entre a produtividade das plantas e a condutância estomática se altere dependendo da concentração atmosférica de CO₂ [Field *et al.*, 1995]. Sendo assim, considerando uma situação hipotética onde não há mudanças significativas dos níveis de precipitação, os efeitos do aumento da temperatura podem ser compensados – em termos de produtividade da vegetação – pelo efeito de fertilização de CO₂.

Essas mudanças climáticas atingirão sem distinção a biota tanto dentro como fora de áreas protegidas, sejam elas Unidades de Conservação¹ ou Terras Indígenas. O instrumento legal que garante, no Brasil, a proteção da vegetação nativa dentro de terras públicas, ou seja, a criação, implantação e gestão de Unidades de Conservação (UCs) é o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), sob gestão, majoritariamente, do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) [Brasil, 2000]. Em DATA estavam cadastradas 963 unidades de conservação, divididas em UCs de proteção integral e UCs de Uso sustentável [Brasil, 2000]. Já as 552 terras indígenas são de responsabilidade (compartilhada) da FUNAI (Fundação Nacional do Índio) e recebem os atributos de terra indígena, reserva indígena, adquirida e terra dominial indígena [Brasil, 1988]. O presente estudo desenvolveu-se baseado nos dados disponíveis no ano de 2012.

Em termos de área, o bioma Amazônico é, de longe, o que tem maior parte de sua área compreendida dentro de UCs. Já as terras indígenas cobrem mais de 1.000.000 km², sendo a maior parte delas localizadas também na região Amazônica [FUNAI, 2012].

O sistema atual de áreas protegidas no mundo é insuficiente ao considerar um mundo de clima estável. Diante das mudanças climáticas, o sistema atual necessita de reanálises e de uma concepção mais flexível [Lovejoy, 2005]. É o que também ocorre no Brasil com o SNUC, já que se sabe que as vegetações características

¹ Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção [SNUC, 2000].

brasileiras que se encontram dentro de áreas protegidas serão afetadas com a mudança climática [Colombo e Joly 2010; Cox *et al.* 2004; Lapola *et al.* 2009]. Uma vez que o SNUC é o instrumento que busca gerenciar as UCs, este também terá que sofrer devidas alterações (assim como as políticas públicas para Terras Indígenas). Estas alterações terão que ser analisadas diante de um mundo em mudança, já que atualmente ocorre um vácuo no gerenciamento de Unidades de Conservação no que diz respeito às mudanças climáticas e seus impactos.

Este estudo pretende, de forma pioneira, avaliar as mudanças no clima especificamente dentro das áreas protegidas, sejam elas UCs ou Terras Indígenas, em todas as regiões do país. Para isso, levar-se-á em consideração as diferentes categorias de UC, já que as medidas de adaptação às mudanças climáticas podem ser diferentes em UCs de proteção integral e de uso sustentável, ou mesmo nas diferentes regiões do país (Norte, Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste, Sul). Depois de avaliada a magnitude das mudanças climáticas projetadas, atentar-se-á para as estratégias de adaptação visando à conservação da biodiversidade e a integridade das populações (incluindo humanas) que ali vivem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREAS PROTEGIDAS

Foram obtidos os mapas digitais (shapefiles) com os limites espaciais das áreas protegidas do Brasil. O shapefile das unidades de conservação foi obtido no site do Ministério do Meio Ambiente (2012), como um único arquivo contendo todas as unidades de conservação brasileiras, incluindo unidades federais, estaduais e municipais. Já o shapefile das terras indígenas foi retirado do site da FUNAI (2012), contendo as terras indígenas brasileiras classificadas em terra indígena, reserva indígena, adquirida e dominial indígena. Os shapefiles foram adequados em um único mapa com o auxílio do software ArcGIS, uma vez que, como explicitado acima, obteve-se os shapefiles separados (unidades de conservação e terra indígena). As áreas protegidas foram então classificadas em três grupos (Tabela 1), tendo como objetivo não limitar a análise à apenas os dois grandes grupos de UCs mencionados acima, assim como também não complicar demasiadamente o estudo analisando uma a uma as categorias de UCs cadastradas no SNUC (e.g., Parque, Estação Ecológica, Reserva Extrativista, etc). Foi necessário ainda incluir a informação sobre os estados

brasileiros (UF) em que estão inseridas cada área protegida, considerando a localização da sede desta como o estado “majoritário” em que ela se localiza, para os casos em que as áreas protegidas abrangem mais de um estado ou são marinhas. As informações sobre a sede das áreas foram fornecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (2012) e (Rolla *et al.*, 2004), para que, em um estágio posterior deste o projeto, possa ser feita a análise por grande região do Brasil (N, S, CO, NE, SE).

Tabela 1. Classificação das áreas protegidas nos três grupos utilizados neste projeto.

Grupo	Área protegida
1- Conservação da Biodiversidade	- Estação Ecológica - Parque Nacional - Reserva Biológica - Monumento Natural - Refugio da Vida Silvestre - Reserva Particular do Patrimônio Natural
2- Exploração sustentável dos recursos naturais SEM presença de populações tradicionais	- Floresta Nacional² - Área de Proteção Ambiental - Área de Relevante Interesse Ecológico
3- Exploração sustentável dos recursos naturais COM presença de populações tradicionais	- Reserva Extrativista - Reserva de Desenvolvimento Sustentável - Terra Indígena

² Segundo o SNUC é permitida a ocorrência de populações tradicionais em Florestas Nacionais, porém, optou-se por esta categoria, uma vez que muitas dessas UCs não têm populações em seu interior ou não tem como objetivo primordial a presença e sua subsistência.

2.2 DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos de temperatura e precipitação foram obtidos a partir do Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5), utilizados no quinto relatório do IPCC (<http://cmip-gw.badc.rl.ac.uk>). Foram obtidos os dados dos seguintes modelos climáticos: NorESM1-M, BCC-CSM1.1, CSIRO-Mk3-6-0, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, CCSM4, MIROC5, MIROC-ESM, GFDL-CM3, MRI-CGCM3 e MIROC-ESM-CHEM com as suas devidas resoluções espaciais variando entre 2,8° até 0,9° lat/lon. Como mencionado no projeto inicial, esses modelos foram escolhidos, pois são aqueles que, dentre os aproximadamente 30 usados pelo IPCC, já foram rodados para todos os quatro cenários de forçantes radiativas (cenários RCP) utilizados no quinto relatório IPCC-AR5, sendo eles: 8.5 W/m², 6.0 W/m², 4.5 W/m² e 2.6 W/m² em 2100 [Moss *et al.* 2010]. Utilizamos a média anual do período 1971-2000 como referência para o clima atual, e a média de 30 anos em torno de 2050 (2036-2065) para cada um dos quatro cenários RCP. Essa média foi degradada para a escala de 1° lat/lon, visando intercruzamento com os dados das áreas protegidas (vide discussão em Torres *et al.* 2012). Ambos períodos de tempo vêm sendo amplamente utilizado na literatura científica relacionada, o que torna fácil a comparação dos nossos resultados com outros estudos [Meehl *et al.* 2007].

Tanto a obtenção como o tratamento inicial (transformação para formato legível pelo ArcGIS e cálculo da média intermodelos) dos dados climáticos mencionados aqui contaram com o auxílio do MSc. Roger R. Torres (aluno de doutorado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), colaborador neste projeto.

Os dados climáticos de temperatura e precipitação foram “recortados”, com o auxílio do software ArcGIS, apenas para o Brasil, onde se encontram as áreas protegidas objetos deste projeto. Foi gerado um total de oito imagens, sendo quatro representantes da média anual dos dados de temperatura do ar próximo à superfície de cada um dos cenários RCP e quatro contendo a média anual de precipitação também para cada um dos cenários RCP, ambas variáveis somente para o Brasil. No final, foi sobreposto o shapefile dos limites das áreas protegidas juntamente com os mapas gerados de temperatura e precipitação.

2.3 BANCO DE DADOS CLIMA – ÁREAS PROTEGIDAS (CAP)

O banco de dados foi criado com auxílio do software ArcGIS, sendo que, as mudanças climáticas médias projetadas para cada uma área protegida contidas em cada um dos

cenários RCP, foram anexadas e organizadas junto as informações usuais relativas à cada área protegida. Uma tabela foi gerada no ArcGIS e exportada para o Excel 2007 para um melhor manuseio. Sendo assim, este banco de dados contém, por exemplo, o nome da área protegida, grupo e categoria dentro do SNUC (para UCs), localização estadual, se trata-se de uma UC federal ou estadual (todas terras indígenas são federais), classificação das áreas protegidas em três categorias utilizadas nas análises, assim como a média intermodelos. (Figura 1).

Após a tabela estar devidamente organizada, os dados foram utilizados para gerar gráficos que representassem cada área protegida contida no intervalo de aumento ou diminuição de temperatura e precipitação.

3.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS PARA ÓRGÃO GESTOR

Realizou-se uma reunião no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, em Brasília, onde foram apresentados os gráficos dos resultados do presente projeto visando a elaboração a longo prazo de estratégias de adaptação objetivando à conservação da biodiversidade e a integridade das populações (incluindo humanas) que ali vivem.

1	ID_AP	NOME_AP	CATEGORIA	GRUPO	ESFERA5	REGIÃO	UF	CLASS_FER	2.6_TEMP_MEAN	4.5_TEMP_MEAN	6.0_TEMP_MEAN	8.5_TEMP_MEAN
2	1	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ANHATOMIRIM	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sul	SC	2	0,961953	1,21261	1,18516	1,65169
3	2	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CAVERNAS DO PERUAÇU	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	MG	2	1,557	1,98901	1,90563	2,25079
4	3	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DESCOBERTO	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Centro-Oeste	DF	2	1,69231	2,14185	1,90571	2,57565
5	4	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO SÃO BARTOLOMEU	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Centro-Oeste	DF	2	1,62484	2,06551	1,83675	2,54172
6	5	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO - MICO LEÃO	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	RJ	2	1,07005	1,33352	1,21584	1,70633
7	6	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BALEIA FRANCA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sul	SC	2	0,933674	1,18541	1,15235	1,60474
8	7	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL BARRA DO RIO MAMANGUAPE	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	PB	2	1,14209	1,44831	1,29459	1,7369
9	8	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CHAPADA DO ARARIPE	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	CE	2	1,44332	1,84006	1,65561	2,24562
10	9	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL COSTA DOS CORAIS	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	PE	2	1,04848	1,37056	1,19904	1,69716
11	10	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE PETROPOLIS	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	RJ	2	1,11606	1,39362	1,27685	1,7919
12	11	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SERRA DA MANTIQUEIRA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	MG	2	1,19875	1,51302	1,39536	1,97988
13	12	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SERRA DA TABATINGA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	PI	2	1,51817	1,98869	1,78475	2,45789
14	13	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE CAIRUÇU	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	RJ	2	1,05838	1,31776	1,20844	1,7099
15	14	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE CANANEIA-IGUAPE-PERUIBE	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	SP	2	1,07228	1,33177	1,30773	1,86396
16	15	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE FERNANDO DE NORONHA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	PE	2	1,07424	1,36597	1,21642	1,73882
17	16	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE GUAPI-MIRIM	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	RJ	2	1,12756	1,40864	1,2921	1,81329
18	17	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE GUARAQUEÇABA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sul	PR	2	1,07483	1,34035	1,32736	1,85759
19	18	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE PIAÇABUÇU	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	AL	2	1,07648	1,39419	1,21978	1,73498
20	19	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DELTA DO PARNAIBA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	PI	2	1,30659	1,63136	1,46483	2,05584
21	20	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CARSTE DA LAGOA SANTA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	MG	2	1,40357	1,7849	1,63981	2,1486
22	21	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL IBIRAPUITA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sul	RS	2	1,05512	1,34372	1,26102	1,84843
23	22	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO IGARAPÉ GELADO	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Norte	PA	2	1,7839	2,06769	1,83746	2,86333
24	23	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO PLANALTO CENTRAL	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Centro-Oeste	DF	2	1,64447	2,08772	1,85681	2,55159
25	24	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MEANDROS DO ARAGUAIA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Centro-Oeste	GO	2	1,91695	2,39449	2,15807	2,83162
26	25	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ILHAS E VARZEAS DO RIO PARANA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Centro-Oeste	MS	2	1,41865	1,81473	1,73368	2,59761
27	26	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MORRO DA PEDREIRA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Sudeste	MG	2	1,38301	1,76619	1,60038	2,11913
28	27	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS NASCENTES DO RIO VERMELHO	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Centro-Oeste	GO	2	1,58885	2,05077	1,86574	2,44454
29	28	AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SERRA DA IBIAPABA	Area de Proteção Ambiental	US	federal	Nordeste	CE	2	1,43497	1,79533	1,61108	2,22528
30	29	AREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLOGICA VASSUNUNGA	Area de Relevante Interesse Ecologico	US	federal	Sudeste	SP	2	1,34592	1,72375	1,63199	2,36987
31	30	AREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLOGICA CAPETINGA/TAQUARA	Area de Relevante Interesse Ecologico	US	federal	Centro-Oeste	DF	2	1,62484	2,06551	1,83675	2,54172

Figura 1. Um trecho de exemplo do banco de dados, do modo como ele aparece no Excel, contendo informações das áreas protegidas. ID_AP: identificação da área protegida dentro do banco de dados; NOME_AP: nome da área protegida; CATEGORIA: categoria da UC dentro do SNUC; GRUPO: grupo da área protegida dentro do SNUC; ESFERA5: se a área protegida é federal, estadual ou municipal; UF: localização estadual da área protegida; CLASS_FER: classificação das áreas protegidas usada neste projeto (vide Tabela 1); 2.6_TEMP_MEAN: média intermodelos de temperatura para o cenário RCP 2.6 W/m²; 4.5_TEMP_MEAN: média intermodelos de temperatura para o cenário RCP 4.5 W/m²; 6.0_TEMP_MEAN: média intermodelos de temperatura para o cenário RCP 6.0 W/m²; 8.5_TEMP_MEAN: média intermodelos de temperatura para o cenário RCP 8.5 W/m².

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nossos resultados mostram que, de acordo com as projeções climáticas dos modelos do IPCC-AR5 para o ano de 2050:

- 1- O grupo das áreas protegidas a ser atingido de forma mais severa pelas mudanças climáticas no Brasil é aquele que prevê a presença de populações tradicionais (e.g. Terra Indígenas e Reserva Extrativista).
- 2- A região mais atingida por tais mudanças climáticas é o sul/sudeste da Amazônia, com pronunciado aumento de temperatura combinado com redução de precipitação. As áreas protegidas do nordeste e sul do país serão atingidas respectivamente por forte redução e aumento de precipitação, embora com alterações moderadas de temperatura.
- 3- As estratégias de adaptação até o presente momento estão aquém do necessário no que se diz respeito às mudanças climáticas, muito deste atraso é resultado de questões burocráticas (e.g. a conservação das áreas protegidas depende muito de interesses políticos e particulares, para serem colocadas em prática).

3.1 CONFIGURAÇÃO ESPACIAL

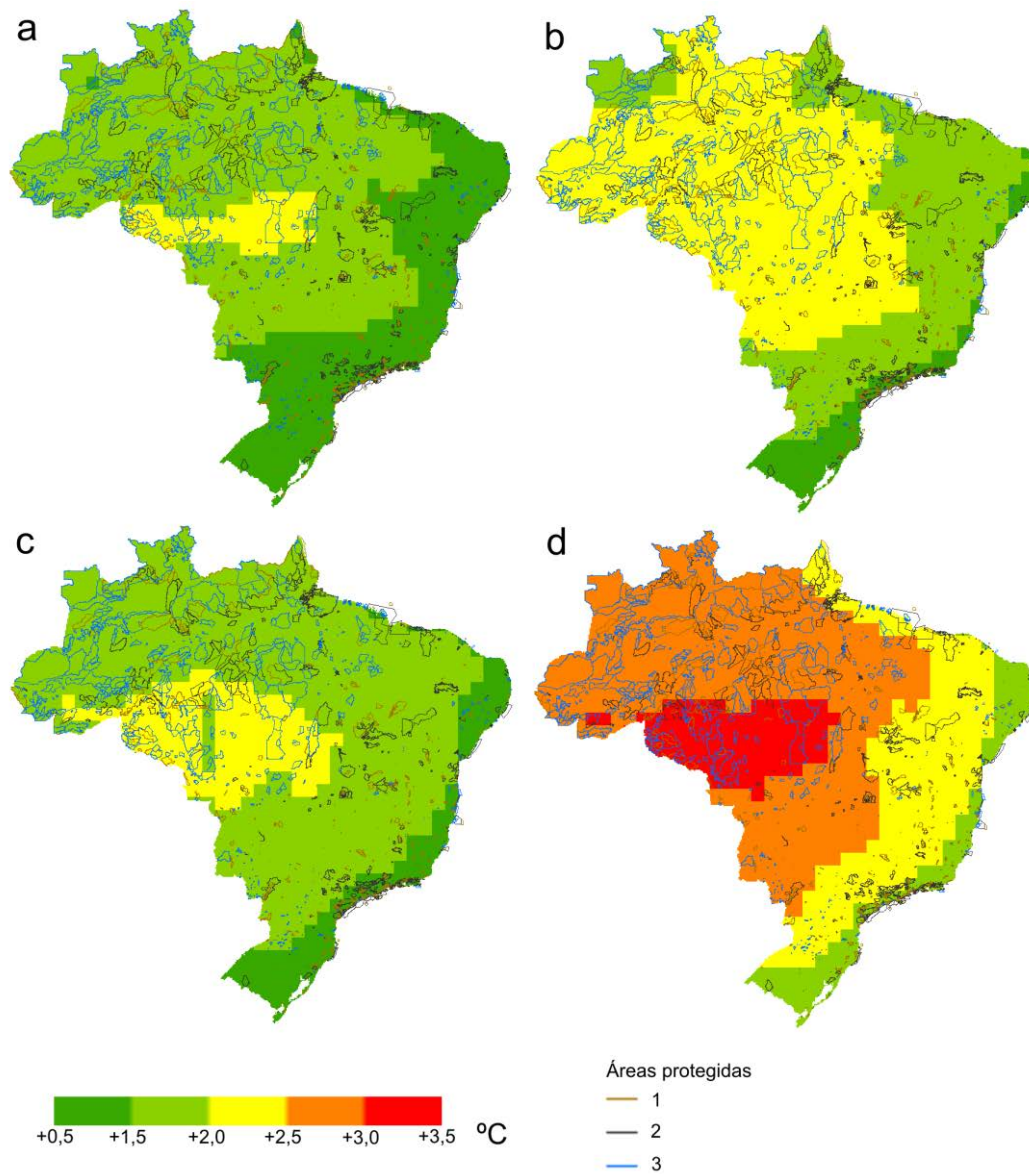


Figura 2. Mudanças de temperatura à superfície (média 11 modelos climáticos, mencionados na seção 4.2) previstas para 2050 de acordo com os quatro cenários de forçante radiativa do IPCC-AR5: (a) 2,6; (b) 4,5; (c) 6,0; (d) 8,5 W/m² (Moss et al. 2010) em comparação com o período 1971-2000. Áreas protegidas: 1- Conservação da Biodiversidade, 2- Exploração sustentável dos recursos naturais SEM a presença de populações tradicionais, 3- Exploração sustentável dos recursos naturais COM a presença de populações tradicionais.

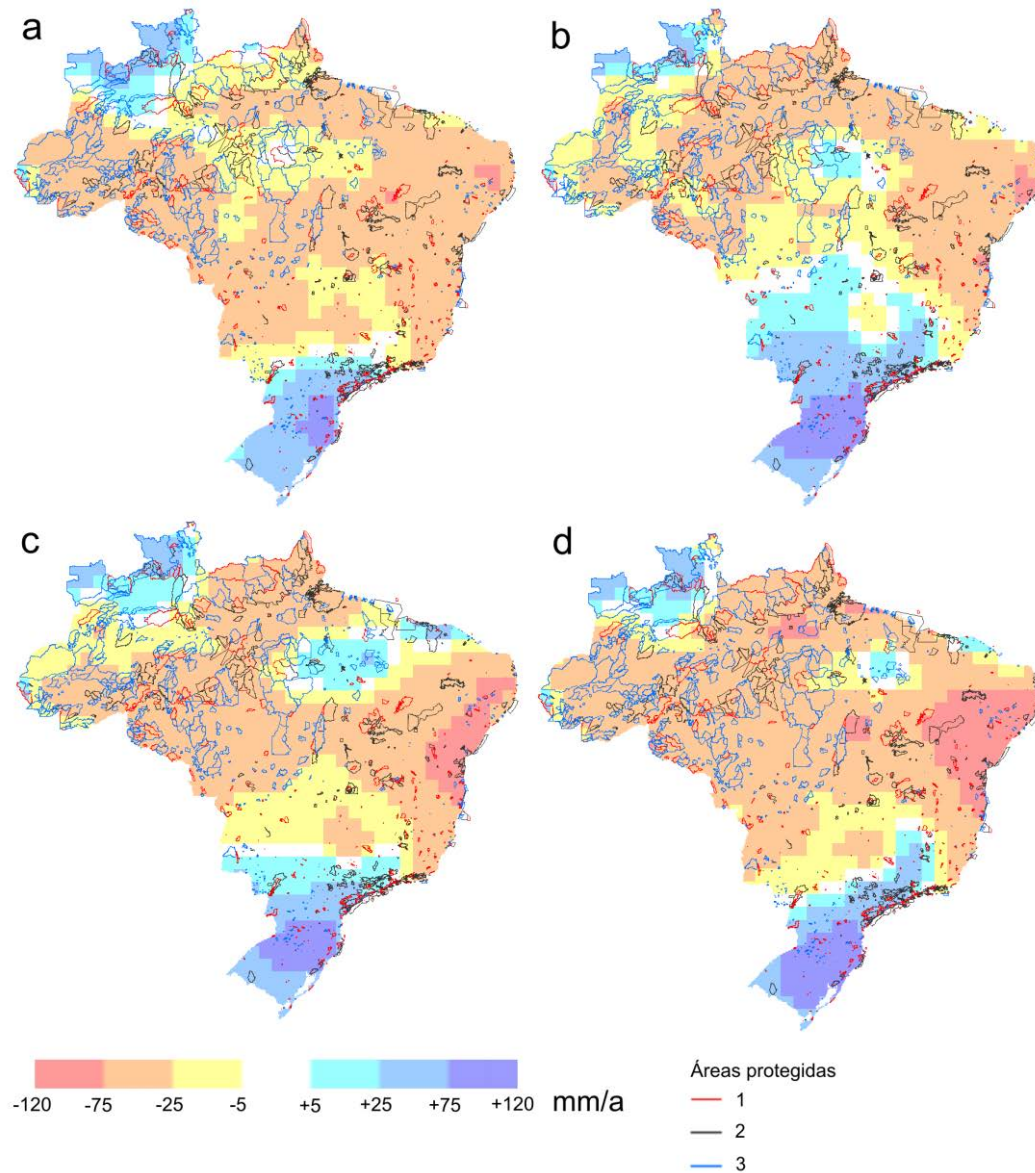


Figura 3. Mudanças de precipitação (média 11 modelos climáticos, mencionados na seção 4.2) previstas para 2050 de acordo com os quatro cenários de forçante radiativa do IPCC-AR5: (a) 2,6; (b) 4,5; (c) 6,0; (d) 8,5 W/m² (Moss et al. 2010) em comparação com o período 1971-2000. Áreas protegidas: 1- Conservação da Biodiversidade, 2- Exploração sustentável dos recursos naturais SEM a presença de populações tradicionais, 3- Exploração sustentável dos recursos naturais COM a presença de populações tradicionais.

Em relação aos dados climáticos (Figuras 2 e 3), nota-se que os cenários com menor forçante radiativa apresentam menor aquecimento e, por conseguinte, os cenários de maior forçante radiativa apresentam maior aquecimento. Observa-se ainda um maior aquecimento na região sul-sudeste da Amazônia, sendo que no cenário $8,5 \text{ W/m}^2$, esta mesma região pode contar com um aumento de temperatura da ordem de $3,5^\circ\text{C}$ em 2050. Já a região litorânea do Brasil sofrerá um menor aquecimento (possivelmente um “efeito de amortecimento” do oceano), fato observado em todos os quatro cenários. Sendo assim, conclui-se aqui, que as áreas protegidas localizadas na região sul e sudeste da Amazônia serão as mais afetadas pelas mudanças de temperatura. O cenário $4,5 \text{ W/m}^2$ apresenta, em 2050, maior aquecimento no Brasil do que o cenário $6,0 \text{ W/m}^2$. Isso explica devido à trajetória desses dois cenários serem basicamente invertidas (em relação à forçante radiativa e emissões de gases de efeito estufa) antes de 2050 (vide Moss et al. 2010).

No que se diz respeito à precipitação, observa-se que em uma grande faixa no Brasil central e principalmente no Nordeste ocorrerá uma diminuição de precipitação, previstas em todos os quatro cenários. Já na região centro-sul do Brasil (incluindo grande parte do estado de São Paulo) e extremo norte, as projeções médias indicam um aumento da precipitação. Sendo assim, sob a ótica de precipitação, conclui-se que as áreas protegidas localizadas na região central e nordeste do Brasil sofrerão alterações relacionadas a um clima mais seco, enquanto que as áreas protegidas localizadas na região centro-sul do Brasil sofrerão com alterações relacionadas a maiores níveis de precipitação, efeitos similares a fenômenos El Niños permanentes, quando a precipitação no sul do país aumenta muito e diminui no Nordeste.

De forma geral, e em oposição aos dados de temperatura, há pouca variação na magnitude da mudança de precipitação de um cenário para outro (exceto no Nordeste no cenário $8,5 \text{ W/m}^2$), sendo que há, por outro lado, mais variação no padrão espacial das mudanças ao se comparar um cenário com o outro.

Os padrões de mudança climática mostrados nas figuras 2 e 3 são bastante condizentes com aqueles publicados junto ao quarto relatório do IPCC, entretanto, os dados climáticos gerados para o quinto relatório agregam maiores níveis de confiança em relação às projeções do IPCC, devido a melhorias implementadas nos modelos climáticos.

3.2 IMPACTOS NAS ÁREAS PROTEGIDAS

Entre os inúmeros impactos ambientais decorrentes deste aquecimento, estão a possível extinção ou mudança na distribuição de espécies [Colombo e Joly, 2010], comunidades [Berchez *et al.* 2008] e até mesmo biomas inteiros [Cox *et al.* 2004; Scholze *et al.* 2006; Lapola *et al.* 2009].

Notou-se um aumento elevado de temperatura na região Norte e Centro-Oeste do Brasil, sendo assim, observou-se que no cenário $8.5W/m^2$ as áreas protegidas correspondentes a estas regiões sofrerão um maior impacto quanto à temperatura, podendo variar a temperatura de $2,5^{\circ}C$ a $3,5^{\circ}C$ em 2050. A Figura 7, mostra em destaque, as áreas protegidas nas quais o aumento da temperatura será maior do que $3^{\circ}C$. As regiões Nordeste, Sudeste e Sul contam com o aumento moderado de temperatura, variando entre $1,5^{\circ}C$ e $2,5^{\circ}C$ no cenário $8,5W/m^2$ (Figura 6).

Em níveis de precipitação, vale destacar que as áreas protegidas do Nordeste (NE), nas três diferentes categorias abordadas aqui, estarão também sob risco climático, dada a considerável redução de precipitação projetada para 2050 (Figura 3). Nas regiões Norte e Centro-Oeste diminuição moderada de precipitação. Já na região Sul e Sudeste, ocorrerá respectivamente, um aumento muito acentuado e aumento moderado, na ordem que varia de 5mm/a a 120mm/a (Figura 3).

Portanto, ao ser avaliado os impactos das mudanças climáticas sobre os biomas da América do Sul, utilizando um modelo de vegetação potencial que não considera os mecanismos de feedback entre o CO_2 atmosférico e a vegetação, foi demonstrado consensualmente uma tendência de savanização da Amazônia e semi-desertificação do Nordeste brasileiro, ou seja, substituição por biomas menos produtivos [Nobre *et al.*, 2004; Salazar *et al.* 2006]. Os impactos no clima e na vegetação podem ser diferentes quando considerado o efeito de fertilização por CO_2 . Esse efeito faz com que a relação entre a produtividade das plantas e a resistência estomática se altere dependendo da concentração atmosférica de CO_2 [Field *et al.*, 1995].

A região Sul do Brasil, apresenta um consenso quanto à expansão de floresta tropical ombrófila na região dos Pampas [Lapola *et al.* 2009].

Levando em consideração os grupos de áreas protegidas (Tabela 1), o grupo três (3), no qual estão presentes as áreas protegidas que prezam a exploração sustentável dos recursos naturais COM presença de populações tradicionais, sofrerá uma maior

mudança em relação às mudanças climáticas previstas para os quatro cenários (Figuras 4,5 e 6). Isso se deve pelo fato de este tipo de área protegida ser mais numeroso nas regiões N e CO. Os grupos um (1) e dois (2), em que estão presentes as áreas relacionadas à conservação da biodiversidade e exploração sustentável dos recursos naturais SEM presença de populações tradicionais, respectivamente, apresentam as mudanças bem distribuídas e menos impactantes (Figuras 4, 5 e 6). Estes resultados mostram que uma questão importante que deve ser considerada é o fato das áreas protegidas que sofrerão maior impacto das mudanças climáticas estarem inseridas no grupo em que há presença de populações tradicionais, ou seja, os impactos podem ser maiores que o esperado, afetando não só a biodiversidade local, mas também o cotidiano das pessoas que ali vivem. As ações de manejo nestas áreas devem ser apresentadas às populações locais e aplicadas pelos órgãos de gestão e moradores, visando um menor impacto, estratégias de adaptação voltadas às pessoas, sejam elas índios, quilombolas ou comunidades tradicionais, e seu modo de vida. Há, mesmo que pequeno, um arcabouço bibliográfico científico mostrando e discutindo a interferência de mudanças climáticas sobre a biodiversidade em áreas protegidas. Entretanto, são inexistentes os estudos direcionais a estratégias e soluções que foquem no bem estar dos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais que habitam as APs brasileiras.

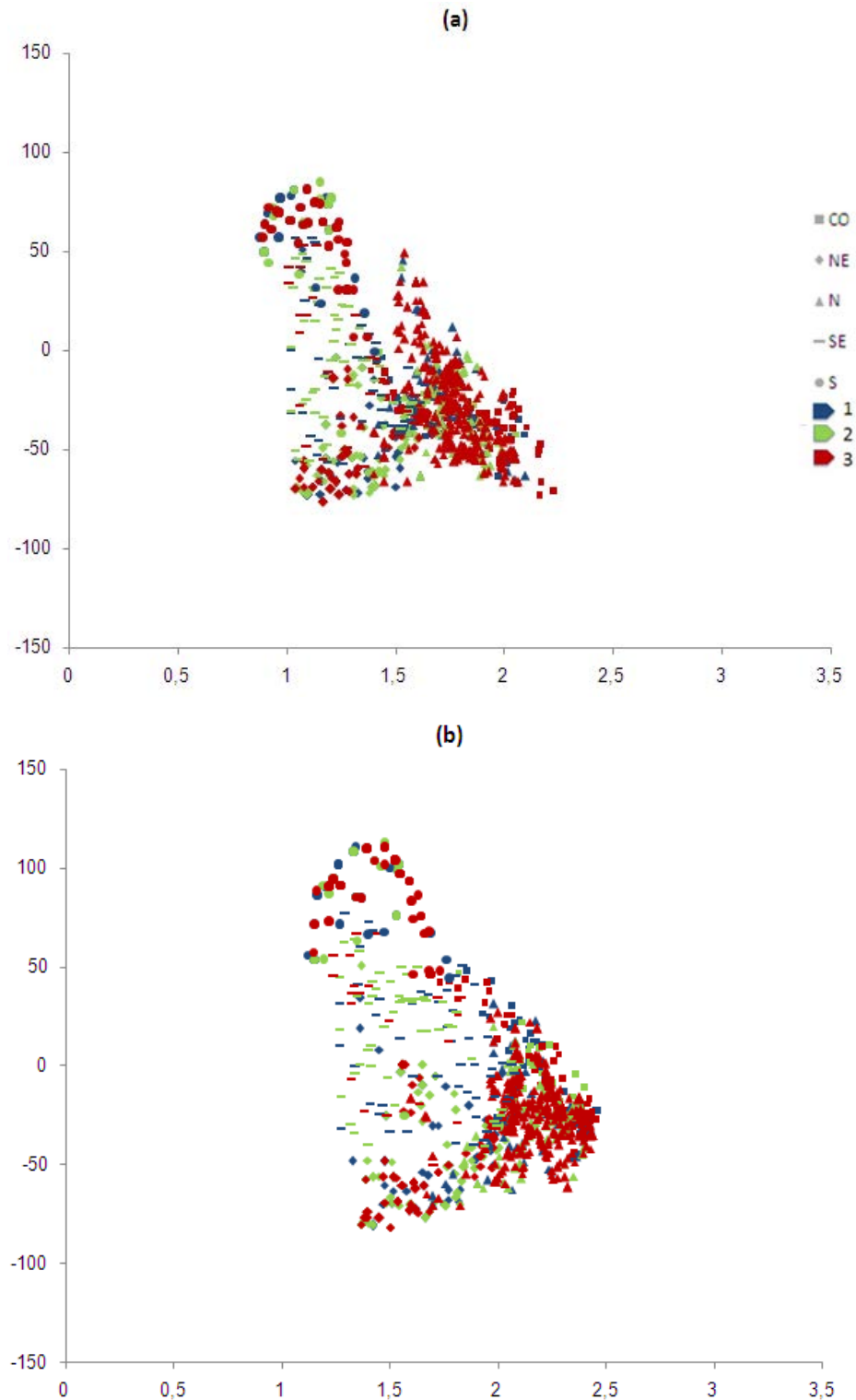


Figura 4. Áreas protegidas distribuídas de acordo com a variação média de temperatura (eixo horizontal em °C) e precipitação (eixo vertical em mm/a) previstas para 2050 de acordo com os quatro cenários de forçante radiativa do IPCC-AR5: (a) 2,6; (b) 4,5W/m² (Moss et al. 2010) em comparação com o período 1971-2000. CO: AP da região Centro-Oeste do Brasil, NE: AP da região Nordeste, N: AP da região Norte, SE: AP da região Sudeste, S: AP da região Sul. Áreas Protegidas: 1- Conservação da Biodiversidade, 2- Exploração sustentável dos recursos naturais SEM a presença de populações tradicionais, 3- Exploração sustentável dos recursos naturais COM a presença de populações tradicionais.

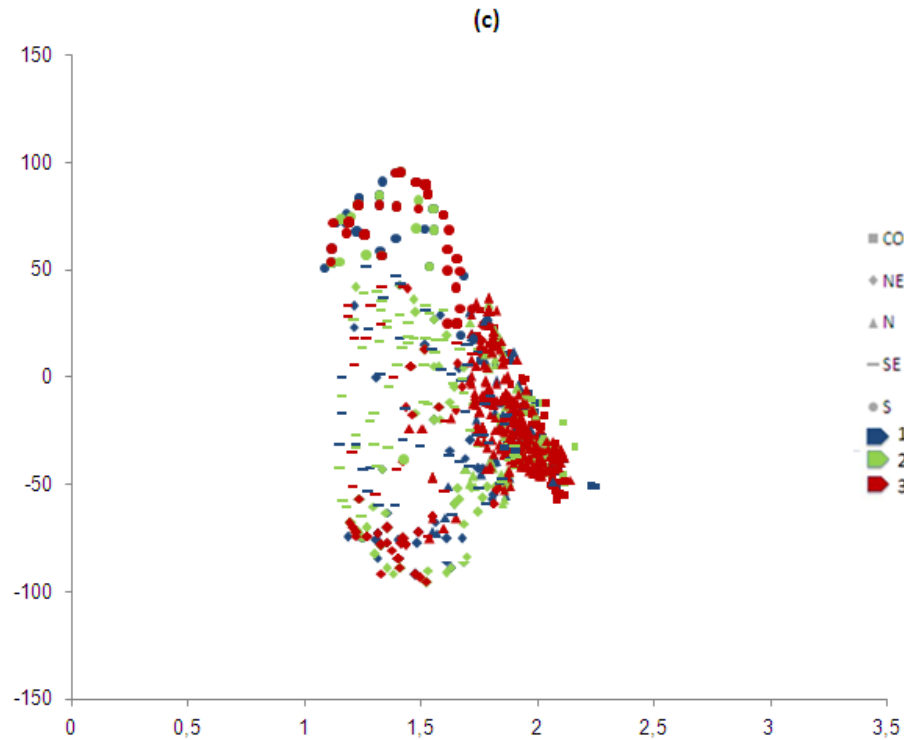


Figura 5. Áreas protegidas distribuídas de acordo com a variação média de temperatura (eixo horizontal em °C) e precipitação (eixo vertical em mm/a) previstas para 2050 de acordo com os quatro cenários de forçante radiativa do IPCC-AR5: (c) 6,0; CO: AP da região Centro-Oeste do Brasil, NE: AP da região Nordeste, N: AP da região Norte, SE: AP da região Sudeste, S: AP da região Sul. Áreas Protegidas: 1- Conservação da Biodiversidade, 2- Exploração sustentável dos recursos naturais SEM a presença de populações tradicionais, 3- Exploração sustentável dos recursos naturais COM a presença de populações tradicionais.

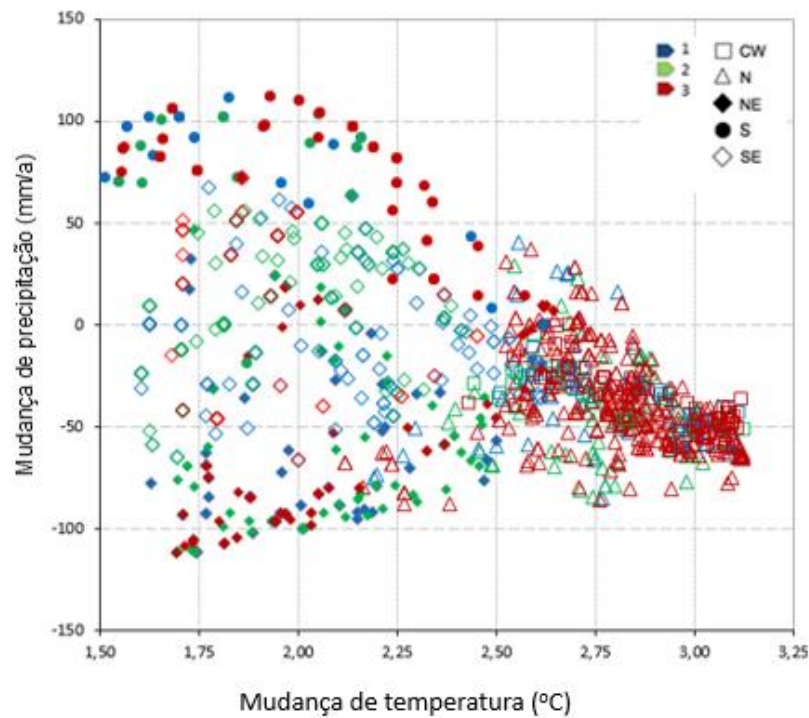


Figura 6. Mudanças climáticas projetadas para 2050 (em relação ao período 1961-1990) nas áreas protegidas brasileiras de acordo com o cenário de emissões RCP8.5, o mais plausível atualmente (dada a evolução das emissões globais de gases de efeito estufa nas últimas décadas). Tipo 1: conservação da biodiversidade; tipo 2: exploração sustentável dos recursos naturais sem a presença de populações tradicionais; tipo 3: exploração sustentável dos recursos naturais com a presença de populações tradicionais.

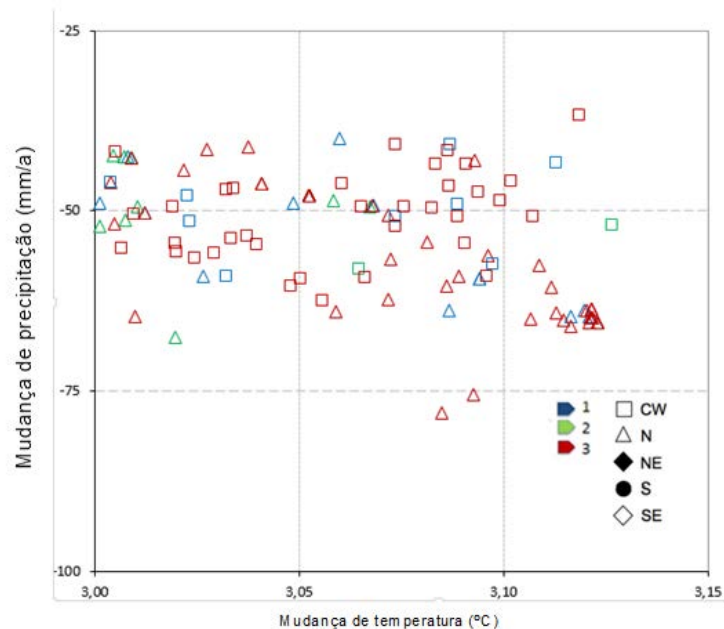


Figura 7. Mudanças climáticas projetadas para 2050 (em relação ao período 1961-1990) com aumento de temperatura acima de +3°C nas áreas protegidas brasileiras de acordo com o cenário de emissões RCP8.5, o mais plausível atualmente (dada a evolução das emissões globais de gases de efeito estufa nas últimas décadas). Tipo 1: conservação da biodiversidade; tipo 2: exploração sustentável dos recursos naturais sem a presença de populações tradicionais; tipo 3: exploração sustentável dos recursos naturais com a presença de populações tradicionais.

3.3 CONSULTA AO ICMBio SOBRE ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO

Para concluir os objetivos propostos, foi realizada uma reunião no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, em Brasília, onde foram apresentados os resultados do presente projeto e iniciou-se uma interação com os gestores das unidades de conservação visando no longo prazo a elaboração de estratégias de adaptação. Nesta reunião, foram sugeridas algumas medidas de adaptação visando à proteção das populações humanas e da biodiversidade das áreas protegidas frente às futuras mudanças climáticas. Entre os pontos discutidos em Brasília:

Sugestão 1: As unidades devem ser heterogêneas com respeito à topografia e tipos de solo, assim, mesmo com a mudança climática as populações remanescentes irão conseguir sobreviver em áreas microclimáticas adequadas, assim como a existência de múltiplas unidades para uma dada espécie ou tipo de comunidade aumenta a probabilidade de que, no caso de uma reserva vir a ficar inadequada, os indivíduos ainda estejam presentes em outra unidade. As unidades que sofrerem estresse da alteração climática irão necessitar de manejo planejado a fim de minimizar a perda das espécies, para isso pode ser necessário modificar as condições dentro das unidades, bem como flexibilização dos limites de unidades de conservação, de modo a acompanhar mudanças no limite de ocorrências de populações ou comunidades nativas [Peters, 1997].

Os gestores informaram que existem dificuldades que impedem estas realizações devido, segundo eles, à burocracia e interesses políticos, uma vez que a alteração nos limites de unidades de conservação só é permitida com autorização do Congresso Nacional. Foi citado que algumas áreas recebem mais atenção do que outras. A alteração desta regra só se daria com a mudança no artigo 225 da constituição federal.

Sugestão 2: As mudanças climáticas devem causar um deslocamento de espécies e até mesmo biomas, neste contexto, muitas espécies que possuem capacidades limitadas de migração podem sofrer grandes ameaças. A ação de manejo seria a transferência de indivíduos, minimizando os danos a estas espécies [Lovejoy, 2005].

Sobre este ponto, foi levantado que já existem trabalhos sendo realizados nessa área, porém o progresso é incipiente e necessita de maiores investimentos.

Sugestão 3: Mudanças climáticas favorecerem a reprodução e alterarem os padrões de ocorrência de populações de vetores de enfermidades, como mosquitos dos

gêneros *Culex* e *Aedes*, bem como das doenças das quais são vetores [Lovejoy, 2005].

Neste último ponto, foi-nos mostrado o trabalho que reporta sobre mudanças climáticas e ambientais e doenças infecciosas, cenários e incertezas para o Brasil. Os grupos de doenças que podem ser afetados pelas mudanças são as doenças de veiculação hídrica, as transmitidas por vetores e as respiratórias. Sendo assim, os riscos devem ser avaliados juntamente ao contexto globalização e precarização de sistemas de governo, cabendo ao setor da saúde, não só prevenir esses riscos, mas atuar na redução de suas vulnerabilidades sociais [Barcellos *et.al.*, 2009].

É importante ressaltar que as medidas de adaptação devem ser analisadas e adequadas para cada área protegida de maneira particular, uma vez que cada uma apresenta características específicas no que se diz respeito ao bioma, as características de solo, hidrologia, paisagem, regime climático entre outros atributos que compõem a área protegida.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados, observou-se que o grupo das áreas protegidas a ser atingido de forma mais severa pelas mudanças climáticas no Brasil é aquele que conta com a presença de populações tradicionais, levando a necessidade da interação com esses povos futuramente afetados. No que diz respeito a região que deve ser mais atingida por tais mudanças climáticas, o sul/sudeste da Amazônia aparecem com destaque, apresentando um aumento de temperatura combinado com redução de precipitação. As áreas protegidas do nordeste e sul do país serão atingidas respectivamente por forte redução e aumento de precipitação, embora com alterações moderadas de temperatura.

As estratégias de adaptação até o presente momento estão aquém do necessário no que se diz respeito às mudanças climáticas, muito deste atraso é resultado de questões burocráticas (e.g. a conservação das áreas protegidas depende muito de interesses políticos e particulares, para serem colocadas em prática)

Esta pesquisa apresentou-se como início de uma discussão no que diz respeito às alterações de temperatura e precipitação em Áreas Protegidas brasileiras, bem como o impacto nas áreas com presença de populações tradicionais. Deve-se ressaltar a

importância da continuidade de pesquisas nesta área, partindo da necessidade de se buscar estratégias para adaptação frente as futuras mudanças que afetarão principalmente os povos indígenas e as comunidades tradicionais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 18(3):285-304, 2009.
- BERCHEZ, F.; AMANCIO, C. E. ; GHILARDI, N. P.; OLIVEIRA FILHO, E. C. Possíveis impactos das mudanças climáticas globais nas comunidades de organismos marinhos bentônicos da costa brasileira. In: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). *Biologia e mudanças globais no Brasil*. 1 ed. São Carlos: RIMA, v. 1, p. 167-180. 2008.
- BRASIL. 2000. Lei Federal 9985/2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 19/Jul/2000.
- BRASIL. *Constituição Federal de 1988*. Promulgada em 5 de outubro de 1988.
- BRASIL. Lei nº6001/73 – Estatuto do Índio, Decreto nº1775/96). 1988.
- COLOMBO, A.F.; JOLY, C.A. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology**. v. 70(3) (suppl.), p. 697-708. 2010.
- COX, P. M.; BETTS, R. A., COLLINS, M., HARRIS, P. P., HUNTINGFORD, C., JONES, C. D., Amazonian forest die-back under climate-carbon cycle projections for the 21st century. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 78(1–3), p. 137–156. 2004.

FUNAI (Fundação Nacional do Índio). 2012. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <<http://mapas.funai.gov.br/>> Acesso em: 01/10/2015.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

IPCC (2007) Summary for policymakers. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA Confalonieri UEC, Marinho DP, Rodriguez RE (2009) Public health vulnerability to climate change in Brazil. *Clim Res* 40:175–186.

LAPOLA, D.M.; OYAMA, M.D.; NOBRE, C.A. Exploring the range of climate biome projections for tropical South America: The Role of CO₂ fertilization and Seasonality. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 23, 2009.

LOVEJOY, T.E. Conservation with a Changing Climate. In: LOVEJOY, T.E.; HANNAH, L. (Eds.). **Climate Change and Biodiversity**. New Haven; Yale University Press, p.325-328. 2005.

MEEHL, G. A.; COVEY, C.; DELWORTH, T.; LATIF, M.; MCAVANEY, B.; MITCHELL, J. F. B.; STOUFFER, R. J.; TAYLOR, K. E.. The WCRP CMIP3 multi-model dataset: a new era in climate change research. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 88, n. 9, p. 1383-1394, 2007.

MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE. 2012. **Download de dados geográficos**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 01/10/2015.

MOSS, R. H.; EDMONDS, J. A.; HIBBARD, K. A.; *et al.*. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v.463, p.747-756. 2010.

PETERS II, R. L. O efeito da mudança climática global sobre as comunidades naturais. In: Biodiversidade. E. O. Wilson (Org.). Rio de Janeiro. Nova Fronteira. p. 575-587. 1997.

SCHOLZE, M., KNORR, W., ARNELL, N. W., PRENTICE, I. C., A climate change risk analysis for world ecosystems, **Proceedings of the National Academy of Sciences United States of America**, v. 103, n. 35, p. 13.116– 13.120, 2006.

TORRES, R. R., LAPOLA, D. M.; MARENGO, J. A., LOMBARDO, M. A. Socio-climatic hotspots in Brasil, **Climatic change**, DOI 10.1007/s10584-012-0461-1.

Orientador

David Montenegro Lapola

Aluna

Fernanda Sueko Ogawa