

Mudanças Climáticas: Influência Antrópica, Impactos e Perspectivas

Karine Zorteza Silva ¹
Renata Colombo ²

RESUMO

Há diversas evidências que comprovam que as alterações no sistema climático e o consequente aumento da temperatura na Terra, observados nas últimas décadas, são provocados pelo aumento de emissões de gases de efeito estufa antropogênicos. Essas alterações no sistema climático têm gerado impactos negativos nos sistemas biológicos, agrícolas e humanos e oferecem riscos para diferentes setores e regiões. A forma de gerenciar esses riscos é através de ações de adaptação e mitigação às alterações no clima. As ações de adaptação são locais e variam conforme locais e regiões, bem como cultura e desenvolvimento da população e/ou país. As ações de mitigação devem estar voltadas para redução de emissões de GEE, principalmente focados em inovações que apresentem aumento da eficiência energética e tecnologias de captura e armazenamento de carbono, visto que são necessárias emissões líquidas de gases de efeito estufa zero ou negativas para conter o aumento da temperatura a níveis satisfatórios. Esse trabalho apresenta um panorama geral e atualizado sobre as alterações no sistema climático, avaliando as principais literaturas científicas referentes ao assunto, bem como analisando criticamente as últimas ações dos governos mundiais referente às ações de mitigação, impactos e perspectivas.

Palavras-Chave: Alterações Climáticas; Gases de Efeito Estufa; Interferência Humana.

¹ Mestrado em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo, USP, Brasil. karine.z.silva@gmail.com

² Doutorado em Química Analítica pelo Instituto de Química de São Carlos-USP, IQSC, Brasil. Professor na Universidade de São Paulo, USP, Brasil. renatacolomb@gmail.com

Alterações singulares no sistema climático da história da Terra têm sido observadas nas últimas três décadas por cientistas ao redor de todo o mundo. Essas alterações são decorrentes do aumento médio da temperatura global desde, aproximadamente, 1950. Esse aumento da temperatura já provoca inúmeros impactos diretos e indiretos aos seres humanos e aos ecossistemas terrestres, e serão potencializados caso a temperatura média global continue a subir. As causas, impactos e riscos, bem como medidas de mitigação e adaptação às alterações no sistema climático têm sido estudados nas últimas décadas.

Há mais de 20 anos o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês de *Intergovernmental Panel on Climate Change*), o primeiro órgão científico sobre mudanças climáticas, reúne e avalia pesquisas científicas ao redor do mundo, analisando as tendências e fontes das mudanças no sistema climático, os impactos das mudanças no clima e as opções para combatê-las. São utilizadas uma combinação de observações, premissas e modelos de futuros possíveis para avaliação. São atribuídas, também, probabilidades de quando certas mudanças podem ocorrer em virtude das políticas e ações tomadas pelos países a cada período. Além das pesquisas reunidas pelo IPCC diversos outros estudos a respeito das recentes alterações no sistema climático e impactos observados têm sido desenvolvidos em todo mundo, sinalizando as consequências dessas alterações. Governos e instituições têm reunido esforços para entender e mitigar as alterações no clima, a partir de acordos internacionais.

MUDANÇAS OBSERVADAS NO SISTEMA CLIMÁTICO

Estudos avaliando a temperatura terrestre no período de 1850 a 2012 mostram uma variabilidade natural e sazonal na temperatura, porém os dados apresentam uma clara tendência de elevação de temperatura desde a década 1950 (Hartmann et al. 2013).

As precipitações no planeta neste mesmo período, também sofreram alterações se mostrando de forma não uniforme, ou seja, em algumas regiões terrestres houve aumento do número de precipitações fortes enquanto em outras regiões a precipitação diminuiu. Na América Latina, Ásia Central, América do Norte e Oceania houve um aumento da precipitação enquanto uma drástica redução foi constatada na África, Europa, Leste Asiático, Sul da Austrália e Noroeste da América do Norte.

Estudos mostram também alterações na temperatura dos oceanos. Estudos feitos 1971 a 2010 mostram que os oceanos foram responsáveis por acumular mais 90 % da energia da atmosfera, principalmente na parte superior (0-700 m). Há estimativa que o oceano superior (primeiros 75 metros) tenha se aquecido em média 0,11 °C por década neste período (Rhein et al. 2013).

Nas últimas duas décadas as geleiras de quase todo o mundo também apresentaram alterações. As áreas de gelo da Groelândia e da Antártida perderam massa, o gelo marinho do Ártico e a cobertura de neve³ de primavera do Hemisfério Norte diminuíram em extensão (IPCC 2014b).

Desde meados do século 19 o aumento do nível do mar também tem sido maior do que a média dos dois milênios anteriores. Entre 1901-2010 o nível global do mar aumentou em média 0,19 metros, sendo que 75 % deste aumento têm sido justificados pela perda de massa das geleiras e pela expansão térmica oceânica (Church et al. 2013).

É notável também as mudanças no ciclo do carbono e na acidificação dos oceanos desde o período pré-industrial (Ciais et al. 2013). A NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) indica que as concentrações de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera atingiram um pico histórico de 403,95 partes por milhão (ppm) em setembro de 2017 (Trends in Atmospheric Carbon Dioxide 2018). Este dado é resultado de uma tendência crescente da concentração de CO₂, desde aproximadamente o ano de 1979 (concentração de 335 ppm), período que se intensificou o modelo de desenvolvimento econômico baseado em combustíveis fósseis. Nos testemunhos de gelo⁴ as concentrações dos gases de efeito estufa (GEE) excederam as maiores concentrações registradas durante os últimos 800 mil anos (Dlugokencky & Tans 2018).

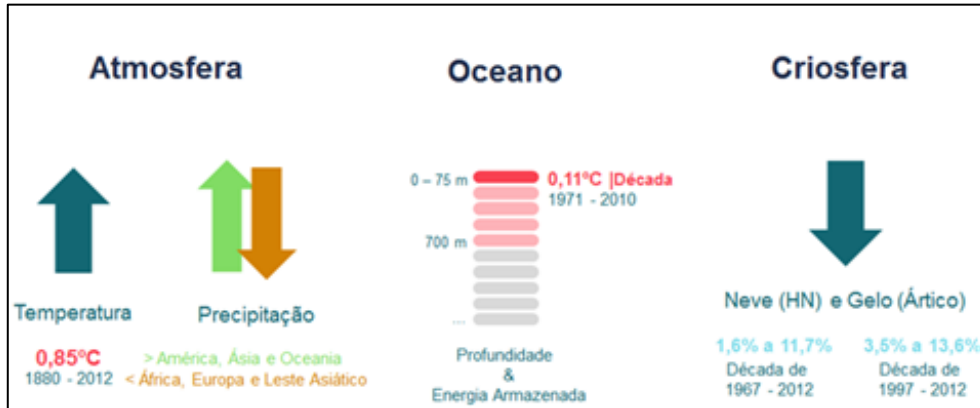
Do total de emissões, estima-se que 43 % estão acumulados na atmosfera, 30 % estão acumulados em ecossistemas naturais terrestres e 27 % foram absorvidos pelo oceano (Ciais et al. 2013). Estima-se que as emissões absorvidas pelos oceanos geraram um desbalanço químico causando uma redução do potencial hidrogeniônico (pH) da água, fenômeno conhecido como acidificação dos oceanos. Nos últimos 20 milhões de anos, o pH dos oceanos se manteve levemente alcalino, porém desde o início da Era Industrial o pH médio dos oceanos reduziu de 8,21 para 8,10, que corresponde ao aumento de 26 % na acidez (Turley et al. 2006). Esta diminuição do pH tem como consequência impactos negativos em organismos vivos que dependem do carbonato para formar seus exoesqueletos e conchas. A acidificação dos oceanos também tem afetado a formação de recifes de corais, bem como sua longevidade, trazendo graves implicações para a biodiversidade e sustentabilidade ecológica, como repercussão negativa na produtividade dos oceanos e nas atividades socioeconômicas marinhas e

³ A cobertura de neve é um importante variável de mudança climática devido à sua influência nos orçamentos de energia e umidade, alterando o albedo terrestre. A cobertura de neve é um importante variável de mudança climática devido à sua influência nos orçamentos de energia e umidade. Reduzir a cobertura de neve, implica em absorver mais energia do sol.

⁴ Os registros dos testemunhos são a forma mais direta e detalhada de investigar as condições climáticas e atmosféricas passadas. A neve que precipita sobre as geleiras, a cada ano, guarda as concentrações atmosféricas de poeira, sal marinho, cinzas, bolhas de gases e poluentes humanos. Assim, os registros dos testemunhos de gelo podem ser usados para reconstruir a temperatura, a intensidade da circulação atmosférica, a precipitação, o volume dos oceanos, as poeiras atmosféricas, as erupções vulcânicas, a variabilidade solar, a produtividade biológica marinha, a extensão do gelo marinho e dos desertos, assim como as queimadas nas florestas (INCT da Criosfera 2014).

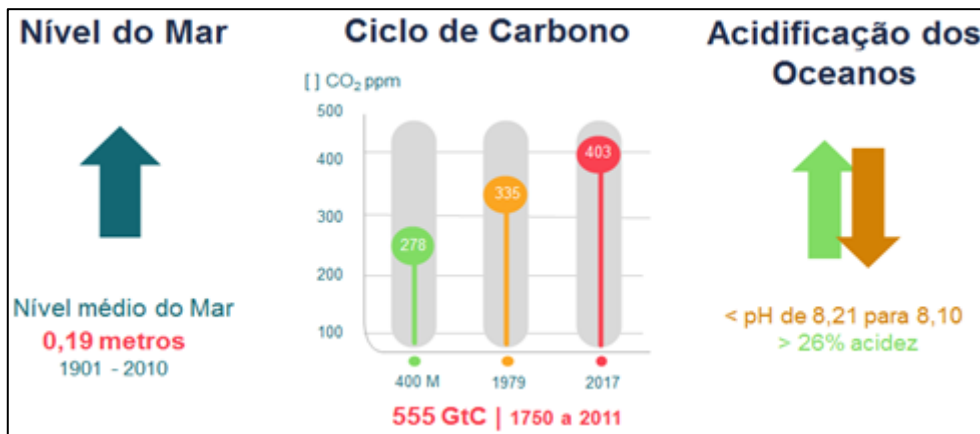
costeiras (Turley et al. 2006). As Figuras 01 e 02 apresentam um resumo das informações contidas nesse tópico a respeito das mudanças observadas no sistema climático.

Figura 01. Mudanças observadas na atmosfera, oceanos e criosfera.



Fonte: Autores.

Figura 02. Mudanças observadas nos oceanos e ciclo de carbono.



Fonte: Autores.

FATORES DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Por meio da paleoclimatologia, é conhecido que a tendência nos níveis de CO₂ na atmosfera tem sido semelhante para cada ciclo glacial, de modo que, durante as transições de eras glaciais para interglaciais as concentrações atmosféricas de CO₂ sobem de aproximadamente 180 ppm para 280 a 300 ppm (Brook 2007). No entanto, nas eras interglaciais dos últimos 400 mil anos que precederam o período pré-industrial a concentração de CO₂ manteve-se, em média, em 278 ppm (Brook 2007). Dentro destes 400 mil anos, a concentração de CO₂ atingiu 335 ppm pela primeira vez em 1979 e tem demonstrado contínua tendência de elevação, tendo ultrapassado os 400 ppm no ano de 2016 (Dlugokencky & Tans 2018). Desta forma, constata-se que os aumentos nas concentrações dos GEE das últimas décadas não estão associados somente aos processos paleoclimáticos.

Estudos demonstram que substâncias e processos naturais e antrópicos alteram a quantidade de energia da Terra e são fatores diretamente relacionados às mudanças climáticas. As variações nos fluxos de energia destes fatores, em determinados períodos, têm sido quantificadas e recebem o nome de Forçantes Radiativas (FR)⁵ (Myhre et al. 2013).

As forçantes radiativas naturais que mais influência sobre o clima terrestre são aquelas provenientes das atividades vulcânicas e da composição química da atmosfera. A atividade vulcânica é uma importante fonte de emissão de gases, aerossóis e vapores. Os gases de efeito estufa liberados durante o processo de vulcanismo tem o poder de aquecimento da atmosfera, enquanto os aerossóis, que são as emissões predominantes durante a atividade vulcânica, provocam o resfriamento da temperatura terrestre (Baird 2011). Em relação à composição química da atmosfera a concentração de vapor de água e menores contribuições de CO₂ e metano (CH₄) sempre variaram ao longo dos tempos. A presença destes gases e vapores na atmosfera é o que possibilita temperaturas mais amenas no planeta entre -15 °C a 15 °C (Baird 2011).

As forçantes radiativas antrópicas são aquelas provenientes de ações realizadas pelo homem e que provocam emissões de GEE causando alteração no clima. Desde 2000 as atividades antropogênicas que provocam emissões de GEE têm crescido em todos os setores (fornecimento de energia, setores industriais, sistemas de transporte e construção civil), exceto mudanças do uso do solo e da terra.

O setor de fornecimento de energia em 2010 foi responsável por 35 % das emissões diretas de CO₂ e este índice deve dobrar ou triplicar até 2050, a menos que melhorias da intensidade energética possam ser significativamente aceleradas além do desenvolvimento histórico (Bruckner et al. 2014).

O setor de mudanças no uso do solo em 2010 foi responsável por aproximadamente 24 % das emissões líquidas antrópicas, principalmente devido ao desmatamento, emissões do manejo agrícola do solo e da pecuária, porém levantamentos mostram estabilidade nestes níveis de emissão ao longo dos anos (Smith et al. 2014).

O setor industrial foi responsável por 21 % da utilização de energia final em 2010 (o que corresponde a 13 GtCO₂ de emissões diretas e indiretas), e tem uma projeção de aumento de 50-150 % até 2050, a menos que melhorias significativas na eficiência energética sejam alcançadas (Fischedick et al. 2014).

⁵ Forçante radiativa (FR) é a mudança no fluxo de energia causada por um impulso e é calculada na tropopausa ou no topo da atmosfera em unidades de Wm⁻², entre um estado de referência e um estado perturbado (Forster et al. 2007).

O setor de transportes foi responsável por 27 % da utilização final de energia (equivalente a 6,7 GtCO₂eq ou 14 % das emissões diretas), com projeções de aumentar devido, principalmente, ao aumento de passageiros globais e atividades na carga (Sims et al. 2014).

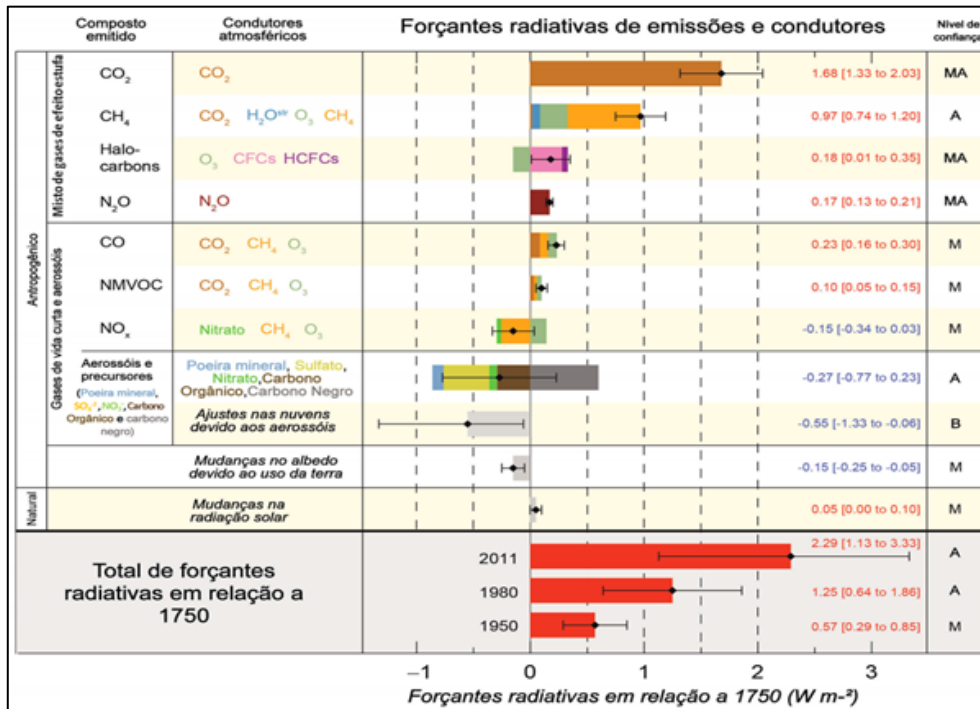
A construção civil foi responsável pela emissão de 6,4 % (referente a 8,8 GtCO₂) de emissões diretas e indiretas em 2010, devido principalmente ao consumo de energia dos edifícios (Victor et al. 2014). Esse consumo está associado ao aumento de riqueza, mudança de estilo de vida, acesso à serviços de energia modernos e adequada habitações e urbanização (Lucon et al. 2014) e correlacionados com o maior consumo de energia e de emissões de GEE. Em 2011, 52 % da população que estavam em áreas urbanas, consumiram 67-76 % da energia produzida e emitiram 71-76 % de CO₂. Em 2050 é esperado que a população urbana mundial aumente para 5,6 a 7,1 bilhões de pessoas, representando um porcentual de 64-69 % da população mundial (Seto et al. 2014; Lucon et al. 2014). Os crescimentos econômico e populacional continuam a serem os motores do aumento das emissões de GEE mundiais com uma demanda de aumento das emissões de GEE de 50-150 % até o final do século 21 (Victor et al. 2014).

A influência das forçantes naturais e antropogênicas foram medidas nos anos de 1950, 1980 e 2011 e expressas em relação a 1750 (Figura 03). Estas medidas mostram que a maior contribuição para o forçamento radiativo total é causada pelo aumento da concentração de CO₂ na atmosfera desde 1750. As emissões de gases de vida curta, como monóxido de carbono (CO) e os óxidos de nitrogênio (NO_x) também apresentam contribuições, porém seus efeitos se compensam uma vez que, por exemplo, as emissões de CO induzem um RF positivo, enquanto que as emissões de NO_x induzem um efeito líquido negativo. O mesmo acontece para o efeito total da FR provenientes dos aerossóis e precursores na atmosfera, a maioria deles resulta em um forçamento negativo o que compensa a contribuição positiva de outros como, por exemplo, o carbono negro. Medidas mostram que a emissão de aerossóis e suas interações com as nuvens compensaram uma parte substancial da FR média global proveniente dos GEE (representando 27 % de reduções em relação ao total RF médio de GEE). A contribuição expressiva de GEE, em especial o CO₂, na FR média global evidência a influência das ações antrópicas sobre o sistema climático (Myhre et al. 2013).

Modelos também já foram utilizados para comparar as alterações de temperatura provenientes apenas das FR naturais e pela FR naturais e antrópicas conjuntamente (Figura 04). Este modelo foi efetuado com base em dois indicadores de grande escala: superfície terrestre e oceânica no período de 1910 a 2010 (Myhre et al. 2013). Os resultados obtidos com estes modelos corroboram com as

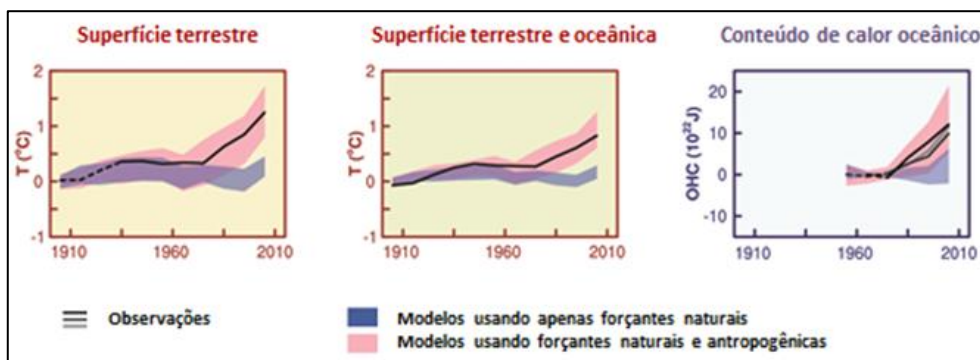
medições e conclusões feitas anteriormente demonstrando que as FR antropogênicas possuem grande influência nas mudanças do sistema climático (Myhre et al. 2013).

Figura 03. Forçantes Radiativas Naturais e Antropogênicas.



Fonte: IPCC (2013). Tradução pelo autor.

Figura 04. Modelos comparando a influência das FR naturais e das FR naturais e antropogênicas nas alterações climáticas..



Fonte: IPCC (2013). Tradução pelo autor.

CAMINHOS DE CONCENTRAÇÃO REPRESENTATIVOS

Para limitar as alterações climáticas, uma das ações a serem tomadas é a redução substancial das emissões de GEE que, por sua vez, está impulsionada principalmente por fatores como tamanho da população, atividade econômica, estilo de vida, uso de energia, padrões de uso da terra, tecnologia e política climática (Kirtman et al. 2013).

Projeções estão sendo criadas, com base nesses fatores, de forma que quatro diferentes caminhos do século 21 sejam descritos em função das concentrações atmosféricas de GEE, emissões de poluentes no ar e mudanças no uso do solo e da terra. Este recurso denominado Caminhos de Concentração Representativos (RCP, sigla em inglês de *Representative Concentration Pathways*) incluem um cenário de mitigação rigoroso (RCP2.6), dois cenários intermediários (RCP4.5 e RCP6.0) e um cenário com emissões de GEE muito altas (RCP8.5) (Moss et al. 2010). Os RCPs são baseados em uma combinação de modelos de avaliação integrada, modelos climáticos simples, química atmosférica e modelos globais de ciclo do carbono. Embora os RCPs abranjam uma ampla gama de valores, eles não cobrem toda a gama de emissões na literatura, particularmente para aerossóis (Kirtman et al. 2013). A Figura 05 apresenta um resumo das principais estimativas do futuro do clima através das variações nos ambientes naturais para os diferentes cenários de RCPs.

Figura 05. Modelos comparando a influência das FR naturais e das FR naturais e antropogênicas nas alterações climáticas.

Caminhos de Concentração Representativos (RCPs)				
Variações 2100	RCP 2.6	RCP 4.5	RCP 6.0	RCP 8.5
Temperatura Em relação 1990	0,3 a 1,7°C	1,1 a 2,6°C	1,4 a 3,1°C	2,6 a 4,8°C
Oceano AMOC	< 11%			< 34%
Criosfera Extensão de Gelo e Neve	Ártico < 43% Antártica < 15 a 55%			Ártico < 94% Antártica < 35 a 85%
Criosfera Cobertura de Neve HN	< 7%			< 25%
Criosfera Permafrost	< 37%			< 81%
Nível dos Oceanos	> 0,26 a 0,55m	> 0,32 a 0,63m	> 0,33 a 0,63m	> 0,45 a 0,82m
pH Acidificação dos Oceanos	< 0,06 a 0,07	< 0,14 a 0,15	< 0,20 a 0,21	< 0,30 a 0,32

Fonte: Autores.

De acordo com estes cenários a temperatura global da superfície da Terra para o fim do século 21 provavelmente irá exceder 1,5 °C em relação ao período de 1850-1900 para todos os cenários de RCP, exceto RCP2.6. Para os cenários RCP6.0 e RCP8.5 é provável que esta temperatura exceda 2 °C. O aquecimento vai continuar a apresentar variabilidade interanual a cada década e não será uniforme regionalmente (Moss et al. 2010).

As mudanças no ciclo global da água em resposta ao aquecimento ao longo do século 21 também não será ser uniforme. O contraste de precipitação entre as regiões úmidas e secas vão aumentar, embora possa haver exceções regionais. O cenário RCP8.5 prevê que nas regiões de altas latitudes e no oceano pacífico equatorial provavelmente irá ocorrer um aumento na precipitação média anual no final deste século, que em regiões de média latitude e subtropicais secas, a precipitação

provavelmente irá diminuir, ao mesmo tempo que, em muitas regiões úmidas de média latitude, a precipitação provavelmente irá aumentar até ao final do presente século (Trenberth 2011). Eventos precipitação extrema sobre a maioria das massas de terra de latitude média e regiões tropicais úmidas, muito provavelmente, irão tornar-se mais intensas e mais frequentes, até o final deste século, conforme o aumento da temperatura média global (Polade et al. 2014).

É provável que a área abrangida por sistemas de Monções⁶ irá aumentar ao longo do Século 21. Enquanto os ventos Monções são susceptíveis de enfraquecer, a precipitação devido ao sistema Monções está susceptível de se intensificar devido ao aumento da umidade atmosférica. O final do período de Monções provavelmente será adiado, resultando em alongamento da temporada de monções em muitas regiões (Kirtman et al. 2013).

O oceano global vai continuar a aquecer durante o Século 21 e é muito provável que a Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (AMOC, sigla em inglês de *Atlantic Meridional Overturning Circulation*) enfraqueça. As melhores estimativas apontam para uma redução de 11 % (variação 1-24 %) no cenário RCP2.6 e 34 % (variação de 12-54 %) no cenário RCP8.5. É provável que haja um declínio deste aquecimento próximo a 2050, mas devido à grande variabilidade interna natural a AMOC poderá aumentar em algumas décadas. A AMOC pode perder até 44 % de potência devido à entrada de água doce do derretimento de gelo do Ártico (Arantes 2016).

Em relação a criosfera, reduções da extensão de gelo marinho do Ártico durante todo o ano são projetadas até o final do século 21. Estas reduções variam em função da época do ano e do cenário RCP, sendo que no mês de setembro a variação prevista é de 43 % (no cenário RCP2.6) a 94 % no RCP8.5 e no mês de fevereiro é de 8 % (no cenário RCP2.6) a 34 % (no cenário RCP8.5). Até o final do século 21 é projetada uma diminuição no volume das geleiras globais, excluindo geleiras na periferia da Antártida, de 15 a 55 % para RCP2.6 e de 35 a 85 % para RCP8.5 (Kirtman et al. 2013). No final do século 21 está projetada também uma diminuição na área de cobertura da neve do Hemisfério Norte de 7 % na projeção RCP2.6 e 25 % na RCP8.5. É praticamente certo que perto da superfície medida, o *permafrost* em altas latitudes do Norte será reduzido. É projetado também que até ao final do século 21 a área de *permafrost* perto da superfície (superior a 3,5 metros) diminuirá de 37 % (RCP2.6) a 81 % (RCP8.5) (Kirtman et al. 2013).

⁶ As monções demarcam um tipo de variação climática que ocorre na porção sul e sudeste da Ásia, que por isso também é chamada de Ásia das Monções. Trata-se de um fenômeno atmosférico que propicia a ocorrência de intensas chuvas em um período do ano e secas rigorosas em outro. Os ventos de monções caracterizam-se pela variação de sua direção de acordo com a mudança das estações do ano. Ora o seu movimento vai do Oceano Índico para o continente, caracterizando a monção de verão ou marítima, ora vai do continente asiático para o oceano, caracterizando a monção de inverno ou continental (Sumner 2017).

Sob todos os RCP a taxa de aumento do nível do mar vai ser superior à observada durante o período de 1971 a 2010, devido ao aumento do aquecimento do oceano e aumento no balanço geral da perda de massa das geleiras e gelo (Price et al. 2011). Este aumento não será uniformemente distribuído ao longo do globo e será provavelmente de 0,26 a 0,55 metros segundo RCP2.6; de 0,32 a 0,63 metros segundo RCP4.5; de 0,33 a 0,63 metros, de acordo com RCP6.0 e de 0,45 a 0,82 metros, conforme RCP8.5 (Kirtman et al. 2013).

Os ciclos biogeoquímicos também serão afetados de forma a agravar o aumento de CO₂ na atmosfera e aumentar a acidificação dos oceanos. Estudos projetam um aumento global da acidificação do oceano para todos os cenários RCP. A diminuição do pH superficial do oceano estimada até ao final do século 21 é de 0,06 a 0,07; 0,14 a 0,15; 0,20 a 0,21 e de 0,30 a 0,32, de acordo com os cenários RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 e RCP8.5, respectivamente (Kirtman et al. 2013).

IMPACTOS SOBRE O MEIO AMBIENTE COMO RESULTADO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Conforme os RCP, as concentrações de emissões de GEE na atmosfera e oceanos representarão impactos de magnitudes diferentes, que serão sentidos em todos os ambientes naturais no mundo.

Um dos sistemas impactados é o sistema de água doce. Projeções indicam que ao longo do século 21 os recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, vão reduzir na maioria das regiões subtropicais secas, intensificando a competição por água entre os setores. De forma oposta, os recursos hídricos deverão aumentar em altas latitudes. Há riscos relacionados à redução da qualidade da água não tratada e riscos à qualidade da água potável, mesmo com o tratamento convencional, devido à interação do aumento da temperatura, sedimentação, concentração de nutrientes e cargas poluentes provenientes de chuvas intensas (Cisneros et al. 2014). Projeções indicam um aumento do risco de extinções de grande parte das espécies no século 21 e nos séculos seguintes, especialmente devido à forma como as alterações climáticas interagem com outros fatores estressantes, como a modificação dos habitats, sobre-exploração, poluição e espécies invasoras. O risco de extinção é amplificado conforme a magnitude e a taxa da mudança climática. Muitas espécies não serão capazes de se adaptarem suficientemente rápido às alterações no clima e, portanto, vão diminuir em abundância ou serão em grande parte extintas em toda sua área de abrangência (Settele et al. 2014).

Os sistemas costeiros e de áreas baixas sofrerão cada vez mais impactos adversos, como submersão, inundações costeiras e erosão costeira, devido ao aumento projetado do nível do mar. As pressões humanas sobre os ecossistemas costeiros irão aumentar significativamente nas próximas

décadas em consequência do crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e urbanização (Wong et al. 2014).

Nos sistemas marinhos a distribuição global de espécies e a biodiversidade em regiões sensíveis serão modificadas e irão representar um desafio sobre o fornecimento sustentável de produtividade pesqueira e de outros serviços ambientais. A riqueza de espécies e o potencial de estoque pesqueiro deverão aumentar nas médias e altas latitudes e diminuir em latitudes tropicais. A expansão progressiva das zonas mínimas de oxigênio e “zonas mortas” anóxicas irá restringir ainda mais o habitat dos peixes. A produção primária líquida de oceano aberto é projetada para redistribuir e, até 2100, cair globalmente em todos os cenários RCP (Pörtner et al. 2014). Para cenários de emissões médias a altas (RCP4.5, 6.0 e 8.5), a acidificação dos oceanos representa riscos significativos para os ecossistemas marinhos, especialmente os recifes de corais e áreas polares, além de impactos sobre a fisiologia, comportamento e dinâmica populacional de várias espécies, desde o fitoplâncton aos animais. A acidificação dos oceanos em conjunto com outras mudanças globais (o aquecimento e diminuição dos níveis de oxigênio, por exemplo) e com as alterações locais (poluição e eutrofização, por exemplo), podem levar a impactos interativos, complexos e amplificados para espécies e ecossistemas (Pörtner et al. 2014).

Os impactos incidem também sobre a segurança alimentar e sistemas de produção alimentar. Nas regiões tropicais e temperadas, as principais culturas serão impactadas negativamente com aumento das temperaturas locais de 2 °C ou acima dos níveis previstos para o final do século 20, embora alguns locais individuais possam ser beneficiados. Estes impactos previstos deverão correr no contexto de rápido aumento da demanda de culturas agrícolas (Porter et al. 2014). Todos os aspectos da segurança alimentar são potencialmente afetados pelas mudanças climáticas, incluindo o acesso à alimentação e estabilidade dos preços. Estes impactos previstos deverão ocorrer no contexto de rápido aumento da demanda de culturas agrícolas, agravados pela redistribuição dos estoques marinhos pesqueiros para latitudes mais elevadas (risco de redução na pesca, renda e emprego nos países tropicais), o que implica em grandes riscos para a segurança alimentar global e regional (Porter et al. 2014).

IMPACTOS SOCIAIS COMO RESULTADO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Além dos impactos ambientais, o aumento da concentração de GEE e as respectivas alterações no sistema climático irão impactar diretamente na vida humana e suas relações em sociedade.

A população das áreas rurais e urbanas estão sujeitas à diversos impactos, em especial, estresse por calor; desastres por precipitações extremas, tais como inundações (costeiras e no interior); desastres por deslizamentos de terra; danos à saúde e ao bem-estar relacionados à poluição, seca e escassez de

água e de bens. Estes impactos serão potencializados para aqueles que não possuem infraestrutura e serviços essenciais ou os que vivem em moradias de baixa qualidade e em áreas expostas (Revi et al. 2014).

Mudanças nas áreas de produção (de culturas alimentares e não alimentares) e dos rendimentos agrícolas em todo o mundo estão projetadas em função destes impactos e ocorrerão de forma desproporcional em função da disponibilidade de acesso à terra, insumos agrícolas modernos, infraestrutura e educação de cada grupo humano (Dasgupta et al. 2014). As mudanças nas áreas de produção e nos rendimentos agrícolas afetarão diretamente todas as dimensões da segurança e do sistema de reprodução alimentar, ou seja, a disponibilidade de alimentos (produção), o acesso aos alimentos (comércio), a estabilidade do suprimento e a utilização de alimentos. A magnitude deste impacto será diferente entre as regiões e ao longo do tempo e dependerão especialmente do status socioeconômico do país (Schmidhuber & Tubiello 2007). Os países em desenvolvimento estarão mais susceptíveis aos impactos devido ao aumento da dependência às importações e conseqüente aumento da insegurança alimentar em áreas atualmente vulneráveis à fome e à desnutrição (Schmidhuber & Tubiello 2007). Em escala regional pode-se prever que o acesso e a utilização de alimentos serão afetados indiretamente por meio de efeitos colaterais sobre a renda familiar e individual e pela perda de acesso a água potável (Wheeler & von Braun 2013).

A redução da produtividade agrícola, as ondas de calor mais freqüentes, tempestades mais fortes e demais danos relacionados às mudanças climáticas como inundações e secas intensas, crises hídricas, aumento da perda de biodiversidade e impactos na saúde devido às recentes tendências de aquecimento e precipitação afetarão diretamente a reprodução social, pois não promovem o provisionamento e a manutenção das condições adequadas para a vida humana, bem como para a melhoria das capacidades das pessoas como trabalhadores, cidadãos e integrantes deste planeta. Estes impactos alterarão as atividades reprodutivas e afetarão o bem-estar das gerações atuais e futuras, diminuindo a oportunidade de trabalho para produção e subsistência e aumentando a incidência de desnutrição e doenças, principalmente entre idosos e crianças (IPCC 2014a; Lohmann 2006).

As alterações no clima já causam impactos na saúde humana desde a metade do século 20, ao exacerbar os problemas de saúde existentes. Ao longo do século 21, estes problemas de saúde devem se agravar em muitas regiões, especialmente, nos países em desenvolvimento e de baixa renda (Smith et al. 2014). Os impactos na saúde humana são diversos, e estão estimados de forma direta e indireta. Exemplos incluem uma maior probabilidade de lesão, doença e morte devido a ondas de calor mais intensas e incêndios; aumento da probabilidade de subnutrição resultante da diminuição na produção

de alimentos em regiões pobres, riscos de perder a capacidade e produtividade de trabalho em populações vulneráveis; aumento dos riscos de doenças transmitidas pela água e doenças transmitidas por vetores. Em 2100, para o cenário RCP8.5 de alta emissão, a combinação de alta temperatura e umidade em algumas áreas, em determinados períodos do ano, poderão comprometer as atividades humanas normais, incluindo o cultivo de alimentos ou trabalhar ao ar livre. Também são estimados efeitos positivos, dentre eles a redução modesta na mortalidade e morbidade relacionadas ao frio em algumas áreas como resultado de temperaturas frias mais amenas; mudanças geográficas na produção de alimentos e reduzida capacidade de vetores para transmitir algumas doenças. Apesar disso, globalmente, ao longo do século 21, a magnitude e gravidade dos impactos negativos superarão cada vez mais os impactos positivos (Smith et al. 2014).

Estudos mostram ainda que estes impactos devem desacelerar a economia mundial ao longo do século 21. Caso ocorra, será mais difícil a redução da pobreza, aumentando a insegurança alimentar e criando ou potencializando novas situações de pobreza, especialmente em áreas urbanas e focos emergentes de fome. É esperado que os impactos das mudanças climáticas acentuem as situações de pobreza na maioria dos países em desenvolvimento, criando bolsões de miséria em países com desigualdade crescente (Olsson et al. 2014). Famílias que dependem exclusivamente de seus salários deverão ser particularmente afetadas em razão do aumento nos preços dos alimentos, embora os trabalhadores rurais autônomos possam se beneficiar (Olsson et al. 2014).

As alterações no clima interferem também nos deslocamentos e migrações de pessoas, que representam um risco quando as populações que não têm recurso e/ou experiência para uma migração planejada, aumentando a exposição aos eventos climáticos extremos. Estas migrações e deslocamentos devem ser mais intensos em países e grupos mais vulneráveis e com menor renda (Jatobá et al. 2009).

Há ainda estimativas de que as mudanças no clima, e conseqüente cenário de crescente escassez de recursos naturais, aumentem indiretamente os riscos de conflitos violentos na forma de guerra civil e violência intergrupos, ampliando os vetores desses conflitos, como a pobreza e choques econômicos (Adger et al. 2014). Nestes riscos estão inclusos os conflitos ecológicos distributivos, entre os mais pobres que favorecem a conservação dos recursos naturais por dependem dela para a sua sobrevivência e, portanto, são mais afetados pelos impactos dos ambientais e os ricos que fazem uso extensivo do ambiente natural por conta da expansão econômica (Alier 2007).

Riscos sobre a infraestrutura crítica e integridade territorial de muitos estados são esperados, como exemplo, inundação de terras por causa da elevação do nível do mar implicaria em riscos para a integridade territorial dos países insulares, pequenas ilhas e países com extensa zona litorânea. Estes

riscos devem influenciar políticas de segurança nacional. Impactos transfronteiriços, tais como mudanças nas calotas de gelo marinho, recursos hídricos compartilhados e populações de peixes pelágicos⁷, têm o potencial de aumentar a rivalidade entre as regiões e nações. Instituições nacionais e intergovernamentais devem reforçar a cooperação e gerenciar muitas dessas rivalidades (Adger et al. 2014).

Os setores-chave na economia e serviços também serão impactados uma vez que as alterações no clima afetam o uso de energia de forma desigual. A demanda de energia para aquecimento irá reduzir, enquanto a demanda de energia para refrigeração nos setores residencial e comercial irá aumentar (Arent et al. 2014). As mudanças no clima afetarão as fontes e tecnologias de energia de maneiras diferentes, dependendo dos recursos (água, vento e sol, por exemplo), processos tecnológicos (refrigeração, por exemplo) ou locais (as regiões costeiras e planícies de inundação, por exemplo) envolvidos. Eventos climáticos preveem aumento e perda da variabilidade em várias regiões, desafiando os sistemas de segurança energética a oferecer uma cobertura acessível, em especial aos países em desenvolvimento (Arent et al. 2014).

Os impactos da mudança climática afetam as regiões de formas diferentes, dependendo de inúmeros fatores, incluindo a extensão e a intensidade das ações de adaptação e mitigação (Iniciativa Verde 2015; IPCC 2014a).

À nível de continente é esperado que a África sofra com agravamento do estresse no suprimento de água; redução da produtividade das plantações, ocasionadas pelo calor e seca; e mudanças na incidência e na amplitude geográfica de vetores e doenças ligadas à água, por causa de mudanças na média e variabilidade das temperaturas e precipitação (Iniciativa Verde 2015).

Para a Europa é esperada uma intensificação das perdas econômicas por pessoas ocasionadas por cheias de rio e costa (decorrente do aumento da urbanização e do nível do mar bem como erosão costeira) e pelos eventos de calor extremo e um aumento das restrições de água (Iniciativa Verde 2015).

Para Ásia é esperado aumento de ribeirinhos e cheias em áreas costeiras e urbanas (levando à disseminação dos danos de infraestrutura, modos de vida e assentamentos); aumento do risco de seca e escassez de água e aumento do risco de mortalidade causada pelo calor (Iniciativa Verde 2015).

Na Australásia é esperada uma mudança significativa na composição de comunidades e estrutura de sistemas de recifes de coral e aumento do risco para a infraestrutura costeira e ecossistemas de baixa altitude (devido à projeção do aumento do nível do mar) (Iniciativa Verde 2015).

⁷ Espécies de peixes que vivem geralmente em cardumes, nadando livremente na coluna de água.

Na América do Norte é esperado aumento de incêndios de causa natural (que induzem perda de ecossistemas e propriedades, mortalidade humana e morbidade); aumento da mortalidade relacionada ao aumento do calor e aumento de enchentes nas áreas urbanas e de costa, perto de populações ribeirinhas, incluindo danos a propriedades e infraestrutura (Iniciativa Verde 2015).

Na América do Sul e América Central é esperada água disponível no semiárido e regiões dependentes do degelo na América Central; cheias e deslizamentos em áreas urbanas e rurais por causa de precipitações extremas; diminuição da produção e qualidade da comida e propagação de doenças transmitidas por vetores em altitude e latitude (Iniciativa Verde 2015; IPCC 2014a).

Nas regiões polares é esperado risco para sistemas terrestres, de água doce e ecossistemas marinhos devido a mudanças na cobertura de gelo, permafrost e condições de água doce/ oceano (afetando a qualidade dos habitats, fenomenologia e produtividade, assim como dependência econômica); injúrias e doenças aos residentes do Ártico, causadas por mudanças do ambiente físico, insegurança alimentar, falta de fontes de água potável confiável e segura para consumo e danos na infraestrutura (Iniciativa Verde 2015).

Para pequenas ilhas é esperada a perda de sustento, de assentamentos humanos na costa, de infraestrutura, serviços ecossistêmicos e estabilidade econômica e o comprometimento das áreas de baixas altitudes da costa devido as interações entre o aumento médio do nível do mar global no século 21 e eventos de níveis altos de água (Iniciativa Verde 2015).

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE

O conjunto de medições e previsões existentes atualmente mostra que as emissões de GEE provenientes de ações humanas, tais como, o avanço do processo industrial e de urbanização, o aumento da população e o aumento da utilização dos recursos energéticos não são as únicas forças motoras para as mudanças climáticas, conforme prevista pela era do antropoceno. É perceptível que as transformações ambientais são impulsionadas também pelas escolhas políticas e econômicas da era do capitaloceno, baseadas na utilização dos recursos naturais como se fossem ilimitados e a um baixo custo (Cunha 2015; Haraway 2016; Moore 2016).

Desta forma se faz necessárias estratégias de mitigação sistêmicas e intersetoriais bem projetadas e eficazes não só para na redução das emissões de GEE, mas para o controle do esgotamento dos recursos naturais e energéticos, o nível desenfreado das contaminações, o problema de escassez a alimentação e água potável, a degradação dos ecossistemas e, também, os desequilíbrios sociais como a pobreza, a fome e os conflitos por recursos. Estas medidas devem ter não apenas o foco

em tecnologias em setores individuais, mas na integração dos sistemas ambiente, política, economia e sociedade permitindo um desenvolvimento de forma sustentável (Kirtman et al. 2013; Moore 2016).

Dentro do aspecto da tecnologia, materiais, produtos e infraestrutura de vida longa e baixas emissões no ciclo de vida podem facilitar a transição para rotas de baixa emissão, ao mesmo tempo em que reduzem as emissões através de menores níveis de uso de material (Clarke et al. 2014). Estas medidas de mitigação devem ser realizadas nos setores-chaves das sociedades globais, sendo esses o industrial, de fornecimento de energia, de transporte, os edifícios, os de mudanças no uso do solo e a urbanização (Clarke et al. 2014).

No setor da demanda de energia e do aumento da participação do carvão como combustível global (os principais contribuintes para o crescimento das emissões), a redução da intensidade do carbono na geração de eletricidade também é uma componente chave das estratégias de mitigação rentáveis para alcançar níveis de baixa estabilização de emissões de GEE (Bruckner et al., 2014). Tecnologias que utilizam energia renováveis para geração de energia demonstraram melhorias significativas no desempenho e redução de custos, e um número crescente de tecnologias já podem ser implantadas em larga escala. Os desafios para a integração de energias renováveis em sistemas de energia e os custos associados variam de acordo com a tecnologia, circunstâncias regionais e as características do sistema de energia existente (Bruckner et al. 2014). Novos ciclos de combustível e tecnologias de reator abordando algumas dessas questões estão sendo investigados e os progressos em pesquisa e desenvolvimento foram feitos sobre segurança e eliminação de resíduos (Bruckner et al. 2014). Outra alternativa para redução de emissões de GEE proveniente do fornecimento de energia que vem sendo estudada e implantada com sucesso é substituição de usinas de energia elétrica a carvão, por usinas de energia elétrica combinadas de gás natural, modernas e altamente eficientes, ou instalações de calor e energia combinadas, desde que disponha de gás natural e as emissões fugitivas associadas à extração são baixas ou mitigadas (Bruckner et al. 2014).

Quanto ao setor de transportes, a mitigação pode ser alcançada via compensação das emissões, incentivos ao combustível de baixo carbono, mudança comportamental e implementação de políticas abrangentes, representando uma redução de 15 a 40 % das emissões de CO₂ projetadas (Sims et al. 2014). Medidas técnicas e comportamentais de mitigação para todos os modos de transporte, associado a um novo padrão de infraestrutura de mobilidade urbana, poderia reduzir a demanda final de energia em 2015 em aproximadamente 40 % abaixo da linha de base (Sims et al. 2014). As medidas de mitigação ainda variam conforme o tipo de veículo e modo de transporte. Investimentos em transporte público, infraestrutura para pedestres e integração de meios de transporte não-motorizados,

colaboram para o transporte de baixo carbono e traz co-benefícios sociais em todas regiões (Sims et al. 2014).

As medidas de mitigação do setor civil estão relacionadas a inovações em infraestrutura e comportamento. Os recentes avanços em tecnologias, habilidades e políticas oferecem oportunidades para estabilizar ou reduzir o uso de energia do setor de edifícios globais em meados do século 21. Para novas construções, a adoção de códigos de construção de baixa energia é essencial como estratégia de mitigação, bem como, reduções de uso de energia de aquecimento/refrigeração em 50 a 90 % em edifícios existentes e a recente redução de custos de *retrofit*⁸ (Lucon et al. 2014).

Reduções de até 20 % nos setores industriais podem ser conseguidas por meio da inovação. Programas de informação sobre eficiência energética são essenciais para essa transição, acompanhadas de instrumentos de incentivo econômico, abordagem regulatória e ações voluntárias (Fischedick et al. 2014). Além de melhorias na eficiência energética, outras estratégias de mitigação estão relacionadas à redução, reciclagem e reutilização de materiais e resíduos (partes sólidas, líquidas ou gasosas residuais do processo produtivo, resíduos externos ou biomassa) nas cadeias produtivas; uso de materiais com pequena pegada de carbono (biotecnologia); e redução global de consumo de produtos e aumento de demanda por serviços (exemplo, produtos mais duráveis). A falta de políticas e in experiência sobre alternativas de processos e matérias são as principais barreiras (Fischedick et al. 2014). Abordagens sistêmicas de colaboração entre empresas também é uma estratégia de mitigação. Cooperação entre empresas, ou setores de uma mesma empresa, representa a possibilidade de se partilhar infraestrutura, informação e utilização do calor excedente do processo produtivo (Fischedick et al. 2014).

As principais ações de mitigação associada à silvicultura são a arborização, manejo florestal sustentável e redução no desmatamento. Na agricultura, as opções de mitigação mais econômicas são a gestão de terras agrícolas, manejo de pastagens e restauração de solos orgânicos (Smith et al. 2014). Políticas de práticas agrícolas, conservação e manejo florestal são atividades sustentáveis para mitigar a mudança climática neste setor (Smith et al. 2014)

As opções de mitigação nas áreas urbanas variam de acordo com as trajetórias de urbanização e são mais eficazes quando há instrumentos de política associados. Padrões de restrições de uso da terra (zoneamento), escolha de modais de transporte, tipos de habitação e comportamentos (associados a estratégias políticas, incluindo a co-localização de residências com locais altas densidades de emprego), diversidade e integração de usos da terra e espaços, melhorias de acessibilidade (investindo nos

⁸ *Retrofit* é um termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma.

transportes públicos) e outras medidas de gerenciamento são essenciais para reduções de emissões deste setor (Seto et al. 2014).

A mobilidade de pessoas pode ser usada como medida eficaz na adaptação, se bem planejada, reduzindo a vulnerabilidade de populações (Adger et al. 2014). Ademais, políticas públicas envolvendo a ecologia política e ações de organizações de justiça ambiental podem contribuir para minimizar os impactos sociais diversos (Castro et al. 2017; Jatobá et al. 2009).

REFERÊNCIAS

Adger WN, Pulhin JM, Barnett J, Dabelko GD, Hovelsrud GK, Levy M, Spring ÚO, Vogel CH 2014. Human security. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 755-791.

Alier JM 2007. *O ecologismo dos pobres*. Contexto, São Paulo, 379 pp.

Arantes JT. Aquecimento poderá reduzir em 44% a grande circulação das águas do Atlântico. Agência FAPESP [serial on the Internet]. 2016 Jan [cited 2019 Jun 24]. Available from: <http://agencia.fapesp.br/aquecimento-podera-reduzir-em-44-a-grande-circulacao-das-aguas-do-atlantico-/23015/>.

Arent DJ, Tol RSJ, Faust E, Hella JP, Kumar S, Strzepek KM, Tóth FL, Yan D 2014. Key economic sectors and services. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 11-597.

Baird C 2011. *Química Ambiental*. 4.ed. Bookman, Porto Alegre, 844 pp.

Brook EJ 2007. CO₂ Studies. In SA Elias. *Ice Core Methods*. Elsevier, Switzerland, p.1145-1156.

Bruckner T, Bashmakov IA, Mulugetta Y, Chum H, de la Vega Navarro A, Edmonds J, Faaij A, Fungtammasan B, Garg A, Hertwich E, Honnery D, Infield D, Kainuma M, Khennas S, Kim S, Nimir HB, Riahi K, Strachan N, Wisser R, Zhang X 2014. Energy Systems. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 11 - 597.

Castro E, Cunha LH, Fernandes M, Sousa CM 2017. *Tensão entre justiça ambiental e justiça social na América Latina: o caso da gestão da água*. EDUEPB, Campina Grande 456 pp.

Church JA, Clark PU, Cazenave A, Gregory JM, Jevrejeva S, Levermann A, Merrifield MA, Milne GA, Nerem RS, Nunn PD, Payne AJ, Pfeffer WT, Stammer D, Unnikrishnan AS 2013. Sea Level Change. In IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, p.1137-1216.

Ciais P, Sabine C, Bala G, Bopp L, Brovkin V, Canadell J, Chhabra A, DeFries R, Galloway J, Heimann M, Jones C, Le Quéré C, Myneni RB, Piao S, Thornton P 2013: Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In IPCC. *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth*

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, p. 465-570.

Cisneros BEJ, Oki T, Arnell NW, Benito G, Cogley JG, Döll P, Jiang T, Mwakalila SS 2014. Freshwater resources. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 229-269.

Clarke L, Jiang K, Akimoto K, Babiker M, Blanford G, Fisher-Vanden K, Hourcade JC, Krey V, Kriegler E, Löschel A, McCollum D, Paltsev S, Rose S, Shukla PR, Tavoni M, van der Zwaan BCC, van Vuuren DP 2014. Assessing Transformation Pathways. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 413-510.

Cunha D 2015. O Antropoceno como Fetichismo. *Rev Cont*, 4 (6): 83-102.

Dasgupta P, Morton JF, Dodman D, Karapinar B, Meza F, Rivera-Ferre MG, Toure Sarr A, Vincent KE 2014. Rural areas. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 613-657.

Dlugokencky E, Tans P. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide [database on the Internet]. NOAA: Global Greenhouse Gas Reference Network (US). 2018 [updated 2019 Mar 05; cited 2019 Jun 24]. Available from: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>.

Fischedick M, Roy J, Abdel-Aziz A, Acquaye A, Allwood JM, Ceron JP, Geng Y, Kheshgi H, Lanza A, Perczyk D, Price L, Santalla E, Sheinbaum C, Tanaka K 2014. Industry. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 739-810.

Forster P, Venkatachalam R, Artaxo P, Berntsen T, Betts R, Fahey DW, Haywood J, Lean J, Lowe DC, Myhre G, Nganga J, Prinn R, Raga G, Schulz M, van Dorland R, Bodeker G, Boucher O, Collins W, Conway T, Whorf T 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 130-234.

Haraway D 2016. Antropoceno, Capitaloceno, Plantationoceno, Chthuluceno: fazendo parentes. *ClimaCom Cult Cien*, 3(5):139-146.

Hartmann DL, Tank AMGK, Rusticucci M, Alexander LV, Brönnimann S, Charabi Y, Dentener FJ, Dlugokencky EJ, Easterling DR, Kaplan A, Soden BJ, Thorne PW, Wild M, Zhai PM 2013. Observations: Atmosphere and Surface. In IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 159-254.

INCT da Criosfera [database on the Internet]. Maine (US): Instituto de Mudanças do Clima. c2014 - [cited 2019 Mar 05]. Available from: <http://www.ufrgs.br/inctcriosfera/arquivos/Compreendendo%20as%20mudancas%20climaticas.pdf>.

Iniciativa Verde 2015. *Impactos, adaptação e vulnerabilidade: sumário para os tomadores de decisão do quinto relatório de avaliação*. Iniciativa Verde, São Paulo, 47 pp.

IPCC 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, 28 pp.

IPCC 2014a. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, 32 pp.

IPCC 2014b. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, 30 pp.

Jatobá SUS, Cidade LCF, Vargas GM 2009. Ecologismo, Ambientalismo e Ecologia Política: diferentes visões da sustentabilidade e do território. *Soc estado*, 24(1):47-87.

Kirtman B, Power SB, Adedoyin JA, Boer GJ, Bojariu R, Camilloni I, Doblas-Reyes FJ, Fiore AM, Kimoto M, Meehl GA, Prather M, Sarr A, Schär C, Sutton R, van Oldenborgh GJ, Vecchi G, Wang HJ 2013. Near-term Climate Change: Projections and Predictability. In IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 953-1028.

Lohmann L 2006. Carbon trading: a critical conversation on climate change, privatization and power. vol.48. Mediaprint, Uddevalla, 360 pp.

Lucon O, Ürge-Vorsatz D, Zain Ahmed A, Akbari H, Bertoldi P, Cabeza LF, Eyre N, Gadgil A, Harvey LDD, Jiang Y, Liphoto E, Mirasgedis S, Murakami S, Parikh J, Pyke C, Vilariño MV 2014. Buildings. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 671-738.

Moore J 2016. *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism*. PM Press, Oakland, 11 pp.

Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA, Manning MR, Rose SK, van Vuuren DP, Carter TR, Emori S, Kainuma M, Kram T, Meehl GA, Mitchell JFB, Nakicenovic N, Riahi K, Smith SJ, Stouffer RJ, Thomson AM, Weyant JP, Wilbanks TJ 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463:747-756.

Myhre G, Shindell D, Bréon FM, Collins W, Fuglestedt J, Huang J, Koch D, Lamarque JF, Lee D, Mendoza B, Nakajima T, Robock A, Stephens G, Takemura, Zhang H 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 659-740.

Olsson L, Opondo M, Tschakert P, Agrawal A, Eriksen SH, Ma A, Perch LN, Zakieldean SA 2014. Livelihoods and poverty. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p.793-832.

Polade SD, Pierce DW, Cayan DR, Gershunov A, Dettinger MD 2014. The key role of dry days in changing regional climate and precipitation regimes. *Sci Rep*, 4:4364-4372.

Porter JR, Xie L, Challinor AJ, Cochrane K, Howden SM, Iqbal MM, Lobell DB, Travasso MI 2014. Food security and food production systems. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and*

Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, p.485-533.

Pörtner HO, Karl DM, Boyd PW, Cheung WWL, Lluich-Cota SE, Nojiri Y, Schmidt DN, Zavalov PO 2014. Ocean systems. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, p. 411-484.

Price SF, Payne AJ, Howat IM, Smith BE 2011. Committed sea-level rise for the next century from Greenland ice sheet dynamics during the past decade. *PNAS*, 108(22):8978-8983.

Revi A, Satterthwaite DE, Aragón-Durand F, Corfee-Morlot J, Kiunsi RBR, Pelling M, Roberts DC, Soleck W 2014. Urban areas. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, p. 535-612.

Rhein M, Rintoul SR, Aoki S, Campos E, Chambers D, Feely RA, Gulev S, Johnson GC, Josey SA, Kostianoy A, Mauritzen C, Roemmich D, Talley LD Wang F 2013. Observations: Ocean. In IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, p. 255-316.

Schmidhuber J, Tubiello F 2007. Global food security under climate change. *PNAS*, 104(50):19703-19708.

Seto KC, Dhakal S, Bigio A, Blanco H, Delgado GC, Dewar D, Huang L, Inaba A, Kansal A, Lwasa S, McMahon JE, Müller DB, Murakami J, Nagendra H, Ramaswam A 2014. Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, p. 923 -1000.

Settele J, Scholes R, Betts R, Bunn S, Leadley P, Nepstad D, Overpeck JT, Taboada MA 2014: Terrestrial and inland water systems. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, p. 271-359.

Sims R, Schaeffer R, Creutzig F, Cruz-Núñez X, Agosto MD, Dimitriu D, Figueroa Meza MJ, Fulton L, Kobayashi S, Lah O, McKinnon A, Newman P, Ouyang M, Schauer JJ, Sperling D, Tiwar G 2014. Transport. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, p. 599 -670.

Smith KR, Woodward A, Campbell-Lendrum D, Chadee DD, Honda Y, Liu Q, Olwoch JM, Revich B, Sauerborn R 2014. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, p.709-754.

Sumner T. Climate change could stall Atlantic Ocean current: Global conveyor belt could shut down - and cool Europe's climate. *Sci News Stdnt* [serial on the Internet]. 2017 Jan [cited 2019 Jun 24];4:[about 5 p.]. Available from: <https://www.sciencenewsforstudents.org/article/climate-change-could-stall-atlantic-ocean-current>.

Trenberth KE 2011. Changes in precipitation with climate change. *Clim Res*, 47(1):123–138.

Trends in Atmospheric Carbon Dioxide [database on the Internet]. Havaí (EUA): National Oceanic and Atmospheric Administration. 2018 [cited 2019 Mar 05]. Available from: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>.

Turley C, Blackford JC, Widdicombe S, Lowe D, Nightingale PD, Rees Turley AP 2006. Reviewing the impact of increased atmospheric CO₂ on oceanic pH and the marine ecosystem. In HJ Schellnhuber. *Avoiding Dangerous Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 65-80.

Victor DG, Zhou D, Ahmed EHM, Dadhich PK, Olivier JGJ, Rogner HH, Sheikho K, Yamaguchi M 2014. Introductory Chapter. In IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 111-150.

Wheeler T, von Braun J 2013. Climate Change Impacts on Global Food Security. *Science*, 341(6145): 508-513.

Wong PP, Losada IJ, Gattuso JP, Hinkel J, Khattabi A, McInnes KL, Saito Y, Sallenger A 2014. Coastal systems and low-lying areas. In IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 361-409.

Climate Change: Anthropic Influence, Impacts and Perspectives

ABSTRACT

There is a lot of evidence to show that changes in the climate system and the consequent increase in temperature on Earth observed in the last decades are caused by the increase of anthropogenic greenhouse gas emissions. These changes in the climate system have generated negative impacts on biological, agricultural and human systems and pose risks to different sectors and regions. The way to manage these risks is through actions of adaptation and mitigation to the changes in the climate. Adaptation actions are local and vary by location and region, as well as culture and population and / or country development. Mitigation actions should be focused on reducing GHG emissions, mainly focused on innovations that show increased energy efficiency and carbon capture and storage technologies, since net emissions of zero or negative greenhouse gases are needed to contain the increase to satisfactory levels. This paper presents a general and updated overview of the changes in the climate system, evaluating the main scientific literature on the subject, as well as critically analyzing the latest actions of the world governments regarding mitigation actions, impacts and perspectives.

Keywords: Climate Changes; Greenhouse Gases; Human Interference.

Submissão: 03/04/2018

Aceite: 01/07/2019