

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: SUAS INFLUÊNCIAS NA PERDA DE BIODIVERSIDADE

Alan Machado Santana¹
Lucio Fernando de Andrade²

RESUMO

O planeta Terra se depara com uma intensa crise de perda de biodiversidade, a qual é causada por diferentes fatores. Um deles, amplamente discutido nas comunidades científicas de todo o mundo, são as emissões atmosféricas e suas influências no clima do planeta. Sabe-se que o aumento das concentrações de alguns gases na atmosfera (principalmente o CO₂), tem amplo potencial de intensificar o fenômeno natural Efeito Estufa, que por sua vez influencia diretamente nas mudanças do clima terrestre. Uma vez afetado, o clima pode alterar as condições necessárias para a manutenção dos processos biológicos de muitas espécies. Além de alterar as características dos habitats usados pelas mesmas, atuando diretamente para o declínio populacional específico. Este declínio pode até levar à extinção de espécies primariamente importantes na ciclagem biológica de ecossistemas terrestres e marinhos. Nesse contexto, este artigo teve o objetivo de analisar o papel das emissões atmosféricas na perda de biodiversidade do planeta Terra, passando pelas consequências causadas pelas altas taxas de emissões de gases realizadas pelos seres humanos e pelos processos naturais do planeta. Foi feita uma revisão da bibliografia especializada no assunto, como os relatórios feitos por órgãos e entidades envolvidas no estudo do clima, além de artigos científicos e livros que tratam sobre o tema. Percebe-se que a perda de biodiversidade ocorre por conta das alterações climáticas e suas consequências na alteração dos habitats, causada pela poluição atmosférica.

Palavras-chave: emissões atmosféricas; gases de efeito estufa; mudanças climáticas; aquecimento global; biodiversidade;

¹ Biólogo (Universidade Católica do Salvador – UCSAL). E-mail: amachado.bio@hotmail.com

² Químico (Universidade de Mogi das Cruzes – UMC), Especialista em Tecnologias Ambientais (USP). E-mail: luciofa@fieb.org.br

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas relacionadas à emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera são hoje, sem dúvida, um dos temas mais comentados na comunidade científica mundial. Em uma rápida pesquisa por artigos relacionados a esse tema é possível revelar uma grande quantidade de estudos realizados, onde um grande percentual foi feito nas duas últimas décadas, sendo um forte indício de que o interesse por esse assunto é ainda recente. Contudo, o histórico de lançamentos de GEE é bem mais antigo, bem como suas influências nas mudanças climáticas.

Existe uma gama de poluentes que são extremamente nocivos à saúde do planeta, principalmente quando lançados na atmosfera, dentre eles pode ser citado o mais comum, o dióxido de carbono (CO₂), sendo caracterizado como o maior vilão causador da intensificação do efeito estufa e consequentes mudanças climáticas.

O planeta terra possui fontes de emissão naturais de gases, tais como: as grandes incidências de atividades vulcânicas, a fermentação de resíduos orgânicos, as ações bacterianas, etc. Entretanto, justamente por se caracterizarem como incidências naturais, presume-se que o planeta é capaz de absorver os impactos gerados por tais quantidades de emissões, ou seja, faz parte dos ciclos naturais existentes no planeta terra (MARENGO, 2016). Sendo assim a grande discussão que abrange este tema é a extrapolação das emissões atmosféricas, causada pela ação antropogênica (ou seja, causada pela ação do homem), e consequentemente os efeitos destas emissões em escala global.

Nesse contexto, essa grande quantidade de emissões atmosféricas acaba por agravar um fenômeno essencial para a manutenção das condições naturais da terra, o Efeito Estufa, que uma vez potencializado pode ocasionar a elevação da temperatura média da atmosfera terrestre (bem como nos oceanos), provocando o tão conhecido Aquecimento Global, este diretamente ligado às Mudanças Climáticas e suas consequências, dentre as quais a perda de biodiversidade, que é tratada neste artigo.

É mais que um consenso na comunidade científica global, que o planeta já sofre (e em breve será ainda mais iminente) com os impactos causados pelas alterações climáticas. Sabe-se também que existe uma atual crise de perda de biodiversidade severa, a qual compromete a manutenção das espécies da nossa fauna e flora, e consequentemente a saúde e o bem-estar da humanidade (NOBRE, 2001). Este é um fato que desencadeia a preocupação da comunidade acadêmico-científica, portanto diversos estudos vem sendo realizados no tocante à influência dos efeitos das mudanças climáticas na perda de biodiversidade. Estes se mostram demasiado importantes por se configurar como subsídios para tratar de um assunto tão sério, fornecendo base para discussões que busquem mitigar os efeitos das alterações na biota, bem como chamar atenção para nossas atuações na contribuição do agravamento dos fatores que promovem as mudanças climáticas no planeta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar de que forma a poluição atmosférica, suas causas e consequências em níveis nacionais e globais podem influenciar (direta ou indiretamente) na perda de biodiversidade do planeta.

Para tanto foi realizado um estudo de revisão bibliográfica utilizando buscadores comuns para tal fim, a exemplo dos sites “Google” e “Google Acadêmico”, bem como bases de dados científicos como Scielo, DOAJ e o portal da CAPES. Para embasar o estudo foram pesquisados artigos acadêmicos inicialmente publicados em revistas indexadas, mas também em anais de congressos. Sites, além de monografias, teses e dissertações que pudessem ser encontrados utilizando-se principalmente tais palavras chave: emissões atmosféricas; gases de efeito estufa; efeito estufa; mudanças climáticas; aquecimento global; e biodiversidade. Além da tradução para o inglês de todas essas palavras-chave anteriormente citadas. Os artigos científicos encontrados foram triados tomando como base a leitura do seu resumo, e organizado em diretórios os quais compartilhavam de assuntos afins (Emissões de GEE, Mudanças Climáticas e Biodiversidade), para que assim fosse mais viável a leitura e organização das ideias para a construção deste artigo. Foram utilizados também livros, além dos relatórios sobre o Panorama da Biodiversidade Global, elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), os quais se configuram como materiais essenciais para a exploração do tema abordado neste trabalho.

2 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS: PANORAMA HISTÓRICO

É possível que as emissões geradas pelos incêndios florestais naturais, as atividades vulcânicas (chama-se atenção, por exemplo, para a grande erupção vulcânica de Krakatoa em 1883 na Indonésia) e os gases gerados por animais e ecossistemas, se configurem como prejudiciais à atmosfera terrestre mesmo antes dos ancestrais humanos começarem a se organizar em comunidades fixas. Porém, todos estes fenômenos podem ser considerados como causas naturais e fortuitas (ALVES, 2005; OLIVEIRA, 1997), fornecendo ao planeta tempo necessário para exercer função de tamponamento desses possíveis impactos, dando oportunidade para que a atmosfera utilize seus mecanismos de controle e mantenha a estabilidade necessária (PIRES, 2005).

Com a fixação dos seres humanos e suas altas taxas de crescimento demográfico, os índices de emissões de gases e efluentes passaram a aumentar consideravelmente.

Ainda segundo Alves (2005), desde o século XVI até meados do século XX as emissões resultantes da queima de carvão, que progressivamente passou a ser utilizado como combustível em substituição da madeira, ocuparam quase que exclusivamente o centro das atenções no tocante à poluição atmosférica.

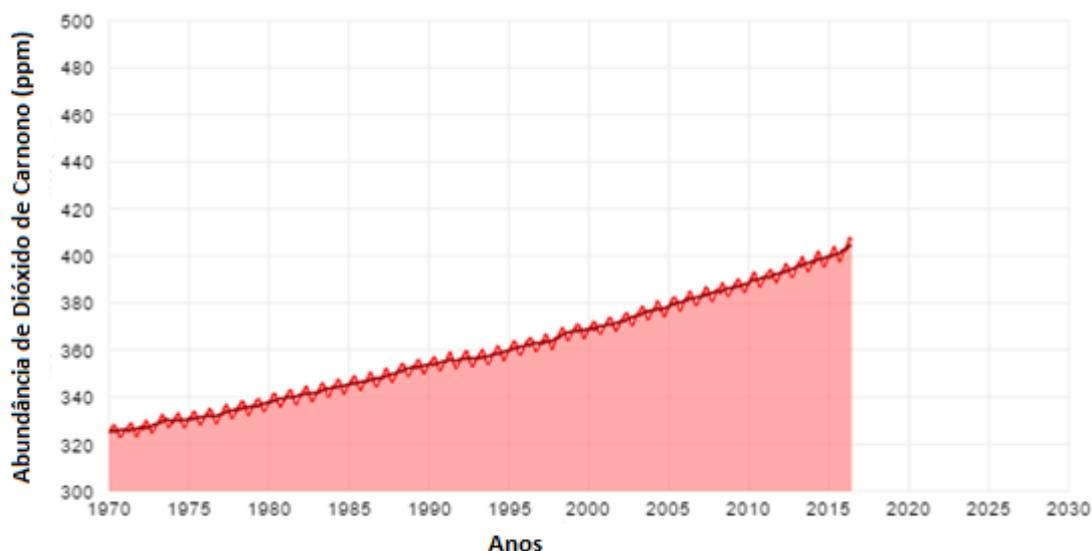
Desta forma, a maior preocupação tem sido com as atividades “relativamente” recentes, as quais aumentaram e se mantiveram cada vez mais intensas

principalmente após a Revolução Industrial, que teve início no final do século XVIII na Inglaterra. Atualmente, com a explosão da era tecnológica e o alto crescimento das frotas de veículos nas grandes cidades, a demanda por recursos naturais e energia se tornou ainda mais intensa, causando por tanto a consequente intensificação da poluição.

Segundo Borsari (2009) e Pimentel (2016), desde o início da Revolução industrial, por volta de 1800, a concentração de dióxido de carbono medida na atmosfera era de cerca de 280 ppm (partículas por milhão) e conforme foi divulgado pela NOAA - Agência Nacional Oceânica e Atmosférica, pertencente ao governo dos Estados Unidos – saltou para mais de 400 ppm em junho de 2016 e conforme foi citado por Pimentel *et al* (2014), são esperadas concentrações da ordem de 730 – 1000 ppm, até o final deste século.

A figura 01 apresenta a evolução nas concentrações de CO₂ atmosférico ao longo das últimas cinco décadas:

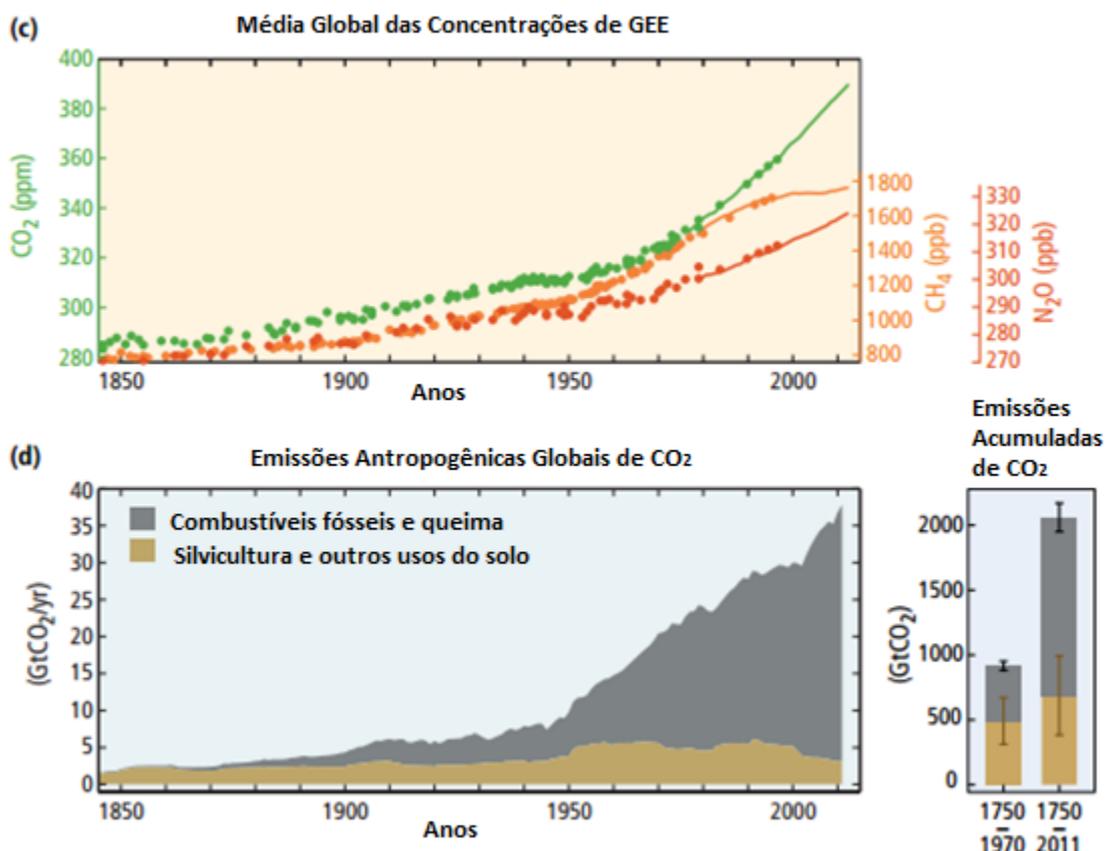
Figura 01: Concentrações de CO₂ atmosférico (em ppm) ao longo dos anos, desde 1970.



Fonte: adaptado de KENNEDY, 2016.

Na figura 02 também pode ser observado o comportamento de alguns gases de efeito estufa, e suas concentrações na atmosfera. Estão destacados o dióxido de carbono, o metano e o óxido nítrico e a elevação em suas concentrações históricas desde a década de 50 do século XIX.

Figura 02. Gráficos mostrando o histórico de aumento nas concentrações de GEE ao longo dos anos.



Fonte: NOAA, 2016. Disponível em: <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em: 23 fev 2017.

3 CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES E DOS GEE

São caracterizados como gases de efeito estufa, o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFC's), o vapor d'água, dentre outros (BULARI, 2008). Esses gases possuem diversas fontes de emissão, tais como o descarte inadequado dos resíduos sólidos, o sistema de transportes e suas imensas quantidades de emissões provocadas pelos veículos automotores, bem como as atividades industriais, por exemplo, que utilizam principalmente a queima de combustíveis fósseis para a geração de energia (XAVIER e KERR, 2004).

A tabela 01 apresenta uma relação entre as diversas fontes de emissão e seus poluentes característicos.

Tabela 01: Fontes de emissão e seus principais compostos poluentes atmosféricos.

Origem / Fonte Geradora	Principais Poluentes
Queima de petróleo e carvão	CO ₂ , CO, NO, NO ₂ ¹
Veículos automotores	CO, NO, NO ₂ , SO ₂ ¹
Processos industriais	SO ₂ , H ₂ S, NO, NO ₂ ¹
Desmatamento/Queima de biomassa	CO ₂ ¹
Sprays/Solventes/Sist. de Refrigeração	CFC's ²
Pecuária em larga escala/Resíduos Orgânicos	CH ₄ ¹
Fontes naturais	SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x ²

Fonte: Própria autoria. ¹BOUROTTE, 2002; ²ALVES, 2005.

Na tabela 01 podem ser observados diferentes tipos de fontes geradoras de gases de efeito estufa, com seus principais poluentes emitidos. Nota-se ainda que a queima de combustíveis fósseis (neste caso derivados de petróleo e carvão) para a geração de energia, além das emissões oriundas dos veículos automotores e de processos industriais, se configuram como fontes altamente poluidoras, justamente por lançarem dos mais variados tipos de gases, com altas concentrações. Bourotte (2002), comenta em seu trabalho que essas duas últimas causas ocupam respectivamente o primeiro e segundo lugar da lista de fontes poluidoras, dentre as mais diversas fontes de emissão de poluentes.

Freitas *et al* (2005) e Andreae (1991), ressaltam os incêndios florestais como uma importante fonte de emissão de poluentes na atmosfera, onde a maior parte destes ocorre nos países em desenvolvimento e principalmente tropicais, sendo assim responsáveis por cerca de 87% das emissões atmosféricas globais produzidas por queimadas. Não sendo suficiente, ainda há de se considerar os efeitos diretos sobre a biodiversidade causado pelos incêndios florestais.

Segundo Alves (2005), as erupções vulcânicas são fontes relativamente importantes de emissões, apesar de esporádicas, estimando-se uma quantidade de lançamento da ordem de 15 a 90 Tg ano⁻¹ (teragrama/ano) – ou 15 a 90 milhões de toneladas por ano. Essas partículas lançadas permanecem longos períodos na atmosfera, caracterizando-se principalmente como compostos sulfurosos.

É importante considerar o poder dos ventos como um agravante para as emissões oriundas de queimadas e erupções vulcânicas, visto que ele pode transportar

fumaças e aerossóis a longas distâncias (ALVES, 2005), carreando as emissões de fontes pontuais e influenciando na poluição atmosférica de todo o mundo.

Chama-se atenção também para a prática da pecuária em larga escala, de modo que a atividade entérica do gado é uma fonte responsável por altas emissões de metano. Além da agricultura, que segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (CDB, 2006), das emissões totais de GEE em todo o mundo, somente a agricultura contribui com aproximadamente 20% de CO₂ e com 50-70% de N₂O e CH₄ (COSTA *et al*, 2006).

Nobre (2008), comenta ainda que 80% das emissões de GEE no Brasil são ligadas direta ou indiretamente à agricultura e apenas 17% são provenientes, da queima de petróleo, carvão e gás natural.

O CO₂ é considerado o principal gás de efeito estufa, este fato é devido às diversas fontes capazes de emitir esse gás, e o conseqüente alto número de estudos realizados entorno deste. Porém, conforme Inoue (2013), apesar de serem emitidos em menos quantidades, outros gases possuem altos Potenciais de Aquecimento Global (GWP, do inglês Global Warming Potential), e por isso podem ser considerados ainda mais danosos que o próprio CO₂. Essa medida é expressa em carbono equivalente (CO₂eq), onde o CH₄ e o N₂O, por exemplo, apresentam um GWP de aproximadamente 21 e 310, respectivamente, ou seja, apenas uma molécula deles é capaz de “aquecer a terra” 21 e 310 vezes mais que uma molécula de CO₂ (BORSARI, 2009; FREITAS *et al*, 2005).

4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SUAS CONSEQUÊNCIAS

4.1 DEPOSIÇÃO ÁCIDA

Um dos mais importantes efeitos da poluição atmosférica está associado ao carreamento dos poluentes, bem como de seus compostos, de volta para a superfície terrestre, e muitas vezes isso ocorre através das chuvas. A chuva ácida está associada à presença de compostos NO_x e SO₂ na atmosfera, os quais juntamente com a radiação solar e as reações desses gases com a água da chuva acarretam a formação de ácidos nítrico e sulfúrico, diminuindo seu pH e tornando-a ácida, sendo então depositos na superfície terrestre (MIRLEAN *et al*, 2000).

No quadro 01 é possível observar os tipos de mecanismos químicos os quais podem formar a chuva ácida, através de equações.

Quadro 01. Mecanismos químicos de formação da chuva ácida.

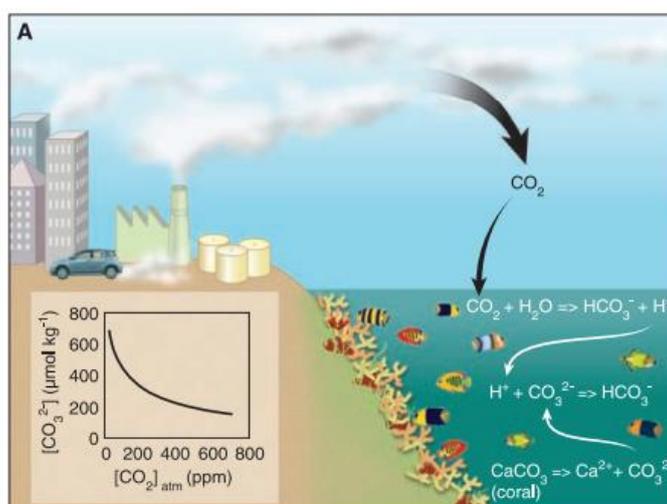
Óxidos de Enxofre		Óxidos de Nitrogênio	
$S+O_2$	SO_2	N_2+O_2	$2NO$
SO_2+H_2O	H_2SO_3	$2NO+O_2$	$2NO_2$
$H_2SO_3+1/2 O_2$	Catalizador H_2SO_4	$2NO_2+H_2O$	$2HNO_3$
$2SO_2+O_2$	Catalizador $2SO_3$	HNO_2+NH_3	NH_4NO_2
SO_3+H_2O	H_2SO_4	HNO_3+NH_3	NH_4NO_3
$H_2SO_4+NH_3$	$(NH_4)_2SO_4$	$2HNO_2+CaCO_3$	$Ca(NO_2)_2+H_2O+CO_2$
$H_2SO_4+CaCO_3$	$CaSO_4+H_2O+CO_2$	$2HNO_3+CaCO_3$	$Ca(NO_3)_2+H_2O+CO_2$

Fonte: COOPER Jr. et al, 1976, apud REIS de JESUS, 1996.

A acidificação dos oceanos também é um outro aspecto que merece muita atenção, esta diz respeito às mudanças na conformação química do carbonato nas águas oceânicas, ocasionadas pelo aumento nas concentrações atmosféricas de CO₂ e sua consequente absorção pela água do mar (REIS, 2012).

O processo de acidificação dos oceanos se estabelece como um ciclo vicioso, uma vez que quando absorvido, o CO₂ reage com a água produzindo ácido carbônico, que ao se dissociar e formar íons bicarbonato e prótons (HCO₃⁻ e H⁺), novamente reagem com íons carbonato (CO₃²⁻) presentes no meio produzindo ainda mais íons bicarbonato, tornando um ciclo sem fim e diminuindo a disponibilidade de carbonatos nos sistemas biológicos (HOEGH-GULDBERG, 2007), este sendo imprescindível para a manutenção de alguns ecossistemas marinhos. Tal processo pode ser observado na figura 03.

Figura 03. Imagem que ilustra o processo de acidificação dos oceanos, como consequência da absorção de CO₂.



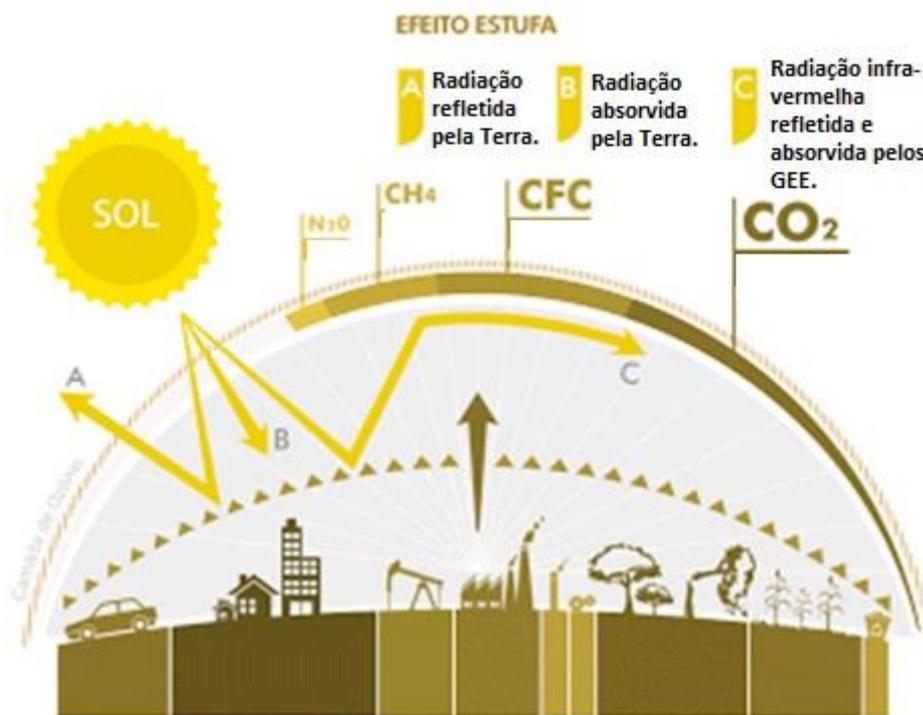
Fonte: HOEGH-GULDBERG, 2007.

Na figura 03, pode-se observar um gráfico que mostra a relação inversamente proporcional entre o dióxido de carbono e o carbonato presentes na água do mar, de modo que a medida que a concentração de CO₂ aumenta no meio, em contrapartida a concentração de CO₃ imediatamente diminui, causando diversos prejuízos à comunidade marinha.

4.2 POTENCIALIZAÇÃO DO EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha que é refletida pela superfície terrestre fica retida na atmosfera, através da absorção pelas moléculas de alguns gases (assim como pode ser observado na figura 4). Este fenômeno é de extrema importância, haja vista que possibilita as condições necessárias para que, por exemplo, exista vida no planeta Terra, através da retenção de uma parte do calor refletido pela superfície terrestre, realizada pelos gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, SO₂ e vapor d'água, por exemplo) e consequente equilíbrio térmico do mesmo (INOUE, 2013; PIRES, 2005; CDB, 2006; KENNEDY, 2016).

Figura 04. Ilustração da ação do efeito estufa no planeta Terra.



Adaptado. Disponível em: <<http://efeitoestufa-tm.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 20 de Março de 2017.

Nesse contexto, o efeito estufa não é um fenômeno novo, plantas e animais tem aproveitado os benefícios da influência desse aquecimento por bilhões de anos, sem o efeito estufa a temperatura média da terra iria cair para aproximadamente -

15 °C (KENNEDY, 2016), impossibilitando a manutenção das mais variadas formas de vida que vemos hoje.

Com o aumento das concentrações dos GEE na atmosfera, ocorre uma potencialização ou mesmo amplificação desse efeito natural, de modo que a partir do momento que se tem maiores concentrações dos gases que são responsáveis por reter a radiação refletida, fica claro que cada vez mais quantidades de calor poderão ser retidas, ocasionando em substanciais incrementos na temperatura média do planeta (RIBEIRO *et al*, 2000; PIRES, 2005).

Portanto, assumindo-se que a atual intensificação do efeito estufa é um fato consolidado e consensual na comunidade científica, pode-se considerar a concepção de que nenhum local no planeta está isento das suas consequências (como por exemplo, as alterações climáticas) uma vez que os fenômenos ligados à natureza são compreendidos em escala global (MENDONÇA, 2006).

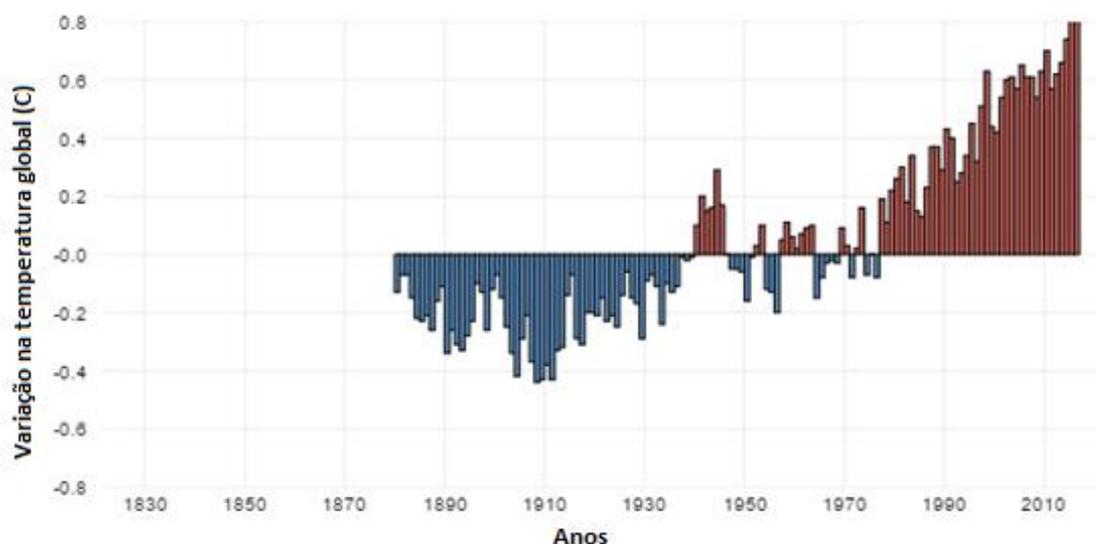
4.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Uma vez que o clima tenha variado de forma natural ao longo dos anos, resultados de pesquisas e simulações climáticas que utilizam equações e programas extremamente sofisticados vem evidenciando que as emissões excessivas de GEE podem sim provocar alterações permanentes e quem sabe irreversíveis no clima global (MARENGO, 2001).

Nesse contexto, o principal impacto causado pela potencialização do efeito estufa é justamente sobre o clima do planeta, através de um processo conhecido como Aquecimento Global, que uma vez intensificado nas proporções previstas pelos estudiosos e tomadores de opiniões sobre este tema, pode ter sua ação potencializada pelos seus próprios efeitos, caracterizando uma retroalimentação positiva – quando os efeitos contribuem para a aceleração dos processos que o causaram (MENDONÇA, 2006).

Pode-se observar na figura 05, como se comportou a variação média da temperatura do planeta muitas décadas atrás. Nota-se como inicialmente a temperatura média terrestre variava sempre negativamente, e já no século passado seus valores variaram quase que sempre positivamente.

Figura 05. Comportamento histórico da variação dos valores da temperatura global, nos dois últimos séculos.



Fonte: Adaptado. NOAA, 2015. Disponível em: <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em: 21 mar 2017.

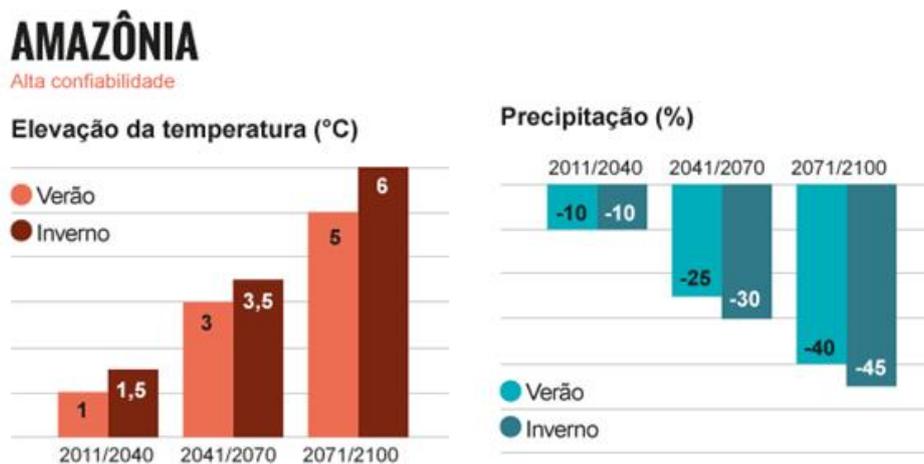
Juntamente com o aquecimento global ocorrem as mudanças climáticas, motivo de preocupação para a humanidade como um todo. Segundo dados do UNEP (2012), as previsões de aumentos de temperatura são da ordem de 2 a 5 graus, até 2100. Essa é uma previsão extremamente alarmante, visto que um aumento acima de 2 graus já pode levar à extinção de aproximadamente 30% das espécies do planeta (ZIMMERMANN e SCHONS, 2009).

É importante salientar que variações significantes na temperatura média do planeta impactam diretamente sobre o clima do mesmo. A exemplo disso destaca-se o aumento de precipitações para determinadas regiões, assim como a diminuição drástica para outras, mudanças extremas nas conformações dos deslocamentos de massas de ar, alterações nas correntes marítimas, secas, degelo das calotas polares, inundações e furacões cada vez mais intensos e frequentes, variações na frequência e intensidade de eventos meteorológicos (como por exemplo El Niño e La Niña – eventos periódicos naturais os quais promovem o aquecimento e resfriamento, respectivamente, das águas do Oceano Pacífico, portanto, causando mudanças significativas nos padrões meteorológicos do planeta), bem como aumento de temperatura em microrregiões, alterando totalmente a conformação o microclima local (MARENGO, 2001; SALATI *et al*, 2004; CONTI, 2005; MENDONÇA, 2006).

As alterações climáticas podem levar a quadros de grandes diminuições nos níveis de precipitações em algumas regiões, o que incide na conformação da hidrologia local, mudando cursos de rios, ou até mesmo secando-os. Estes impactos tem consequências devastadoras na biodiversidade local (CDB, 2006).

Pode-se observar na figura 06, algumas projeções feitas para as próximas décadas, avaliando as variações na temperatura e níveis de precipitação na região amazônica.

Figura 06. Gráficos que mostram as variações na temperatura média, bem como nos percentuais de precipitações para a região amazônica.



Fonte: PBMC, 2014.

Segundo as projeções do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, demonstradas na figura 06, pode-se prever um aumento na temperatura média na região amazônica em torno de 6°C, bem como uma queda de cerca de 45% nos índices de precipitações até o final deste século.

5 IMPACTOS NA BIODIVERSIDADE DO PLANETA

O planeta Terra está de fato sujeito a muitas pressões naturais e induzidas pelos seres humanos, as quais alteraram, degradaram, desalojaram, e fragmentaram significativamente ecossistemas, resultando frequentemente em paisagens biologicamente empobrecidas (MMA, 2007).

As cinco principais pressões que conduzem diretamente à perda de biodiversidade são: mudança de habitat – deposição ácida, por exemplo; sobrexploração, poluição - a exemplo da poluição atmosférica; espécies exóticas invasoras; mudanças climáticas. Estas se mantêm constantes ou estão se intensificando. A biodiversidade é uma parte importante para que se sustente o funcionamento dos ecossistemas, que por sua vez oferecem uma ampla gama de serviços para o planeta como um todo (MMA, 2010).

Desta forma, cientistas estão também de acordo sobre o fato de que o dióxido de carbono absorvido pelo oceano, da atmosfera, está aumentando a acidez da água do mar. Essa mudança na química dos oceanos interfere diretamente na biota marinha, como por exemplo em animais calcificadores, ameaçando a organização de toda a cadeia alimentar deste ambiente, o que poderia acarretar em um evento de extinção em massa (REIS, 2012; KENNEDY, 2016).

Mais que isso, a acidificação dos oceanos é considerada a maior ameaça possível aos organismos marinhos, uma vez que ela pode levar a distúrbios nos sistemas de equilíbrio ácido-base (no caso dos peixes), diminuição de síntese proteica, depressão no metabolismo e redução nas taxas de crescimento (PÖRTNER *et al*, 2004; BAUMANN *et al*, 2012).

Pimentel (2016), demonstrou em seu estudo que cenários futuros que combinem aquecimento e acidificação da água do mar afetam diretamente a capacidade de resistência dos primeiros estágios ontogenéticos de algumas espécies de peixes por ele estudadas.

Ainda segundo Pimentel (2016), foi demonstrado que novamente a combinação de aumento térmico e acidificação dos oceanos pode afetar no desenvolvimento de estruturas sensoriais dos peixes formadas por aragonite (otólitos), além de efeitos drasticamente prejudiciais nos comportamentos natatórios e predatórios dos peixes estudados.

Segundo Mongin (2016), acidificação dos oceanos está atrasando o crescimento de algumas espécies de corais na parte sul da Grande Barreira de Corais (situada na Austrália). Os cientistas restauraram artificialmente o pH local para níveis pré-industriais durante 15 dias e o resultado foi de que os corais passaram a construir seus esqueletos mais rapidamente.

A precipitação de chuvas ácidas, com altos conteúdos de ácidos sulfúrico e nítrico vem danificando belos bosques de pinheiro vermelho japonês e castanheira em várias partes do mundo. Além disso, no norte da Europa e Canadá existem numerosos lagos e pântanos, onde a sobrevivência de peixes e outros organismos aquáticos tornou-se impossível (SUGUIO, 2008).

Outro problema crucial para a perda de biodiversidade no planeta é a diminuição de habitats naturais. As ações conjuntas da poluição atmosférica, aquecimento global e mudanças climáticas exercem pressões sobre os habitats naturais, muitas vezes causando diminuição em suas extensões e conseqüente depleção na abundância e diversidade das espécies (UNEP, 2012).

Alterações muito acentuadas na temperatura e pluviosidade em uma floresta tropical como a Amazônia podem levar a mudanças irreversíveis na estrutura da mesma. desencadeando em processos de savanização ou até mesmo desertificação (conseqüentemente perda de habitat e biodiversidade), por ter se tornado mais seca

e mais quente (COX *et al*, 2004; SUGUIO, 2008), sem contar a influência significativa do fenômeno El Niño (Um importante fenômeno atmosférico que ocorre na superfície das águas do Oceano Pacífico, em sua região tropical, promovendo a das suas temperaturas. Tal fenômeno influencia significativamente o clima local e global.) o que poderia ampliar ainda mais os danos causados (FEARNSIDE, 2009; SALATI *et al*, 2004).

Vale ressaltar também a maior incidência de incêndios florestais, que ocorrem justamente por conta do ambiente favorável deixado pelo clima seco e pouca chuva, devastando áreas consideráveis. Portanto, a floresta poderia ser morta antes mesmo do que os modelos de clima indicam (NOBRE, 2001; FEARNSIDE, 2009).

De maneira geral, em um cenário mais pessimista, o impacto das mudanças climáticas no Brasil reduziriam a área total da Amazônia, do Pantanal, da Mata Atlântica, e do Pampa, promovendo a expansão dos dois biomas que contêm savanas mais secas: o Cerrado e a Caatinga (MMA, 2011).

Não menos importante, o ambiente Ártico também sofre com os impactos das mudanças climáticas. A elevação da temperatura média da terra (ainda que muito sutil) causa o derretimento das calotas polares causando danos a este ambiente e as formas de vida que dele dependem (HARRABIN, 2012).

A cobertura de gelo marinho no Ártico oscila em tamanho e proporções ao longo do ano, durante o inverno ela aumenta e quando as temperaturas voltam a subir durante o verão ela encolhe. Todavia, nas últimas três décadas cientistas observaram, com o auxílio de satélites, que houve um declínio de aproximadamente 13% na cobertura, por década, no período do verão (HARRABIN, 2012).

Com isso, segundo pesquisas divulgadas pela UNEP (2012), as projeções para o derretimento do gelo no Ártico podem variar entre 43% e 94% até o ano de 2100. Isso pode trazer consequências inenarráveis, uma vez que uma perda de habitat dessa magnitude deverá dizimar populações inteiras de espécies que dependem estritamente desse ambiente para seu ciclo de vida, como o Urso Polar Ártico, por exemplo.

Conforme citato no relatório de Inter-relações entre Biodiversidade e Mudanças Climáticas (MMA, 2007), o IPCC avaliou o efeito da mudança de clima sobre os sistemas biológicos ao analisar 44 estudos publicados, e constatou que em 80% dos táxons incluídos nesses estudos foram observadas alterações nos parâmetros biológicos/físicos medidos, como por exemplo, eventos de reprodução, fenologia, eventos migratórios, padrões de distribuição das espécies e mudanças no tamanho padrão das mesmas (MARENGO, 2006).

Por fim, as análises de mais de 2.500 estudos realizada pelo IPCC, projetam que a as mudanças climáticas e as concentrações elevadas de CO₂ na atmosfera afetarão direta ou indiretamente indivíduos, espécies, populações, composição e funções dos

ecossistemas. Principalmente se as medidas capazes de mitigar estes impactos não sejam tomadas imediatamente (MMA, 2007).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas questões tem surgido em torno das mudanças climáticas, quando se trata das suas causas, se são naturais ou antropogênicas. Existe uma corrente que afirma que o aquecimento global e suas consequentes mudanças climáticas são eventos naturais da Terra e que ocorrem em ciclos. É plausível. Contudo, até quando as ações dos seres humanos podem agravar tais fenômenos?

O consenso quase que dominante na comunidade científica que estuda sobre o assunto é justamente quando dizemos que a poluição atmosférica, sobretudo os GEE, estão a potencializar o efeito estufa. A potencialização deste fenômeno tem a capacidade de alterar as características climáticas em várias regiões do planeta, e conseqüentemente alterando ecossistemas, modificando habitats e promovendo a depleção nas espécies que vivem nestes ambientes.

De uma maneira geral os impactos específicos das emissões atmosféricas (e conseqüentemente das mudanças climáticas) sobre a biodiversidade do planeta dependerão, em grande parte, da capacidade das espécies em lidar com as condições climáticas mais extremas. Os ecossistemas terrestres evoluíram e se adaptaram a condições relativamente estáveis, bem como evoluíram sua capacidade de resiliência para com as pequenas variações naturais nas condições climáticas que já acontecem normalmente no planeta, portanto quando estas condições são interrompidas ou mesmo abruptamente alteradas as únicas opções para as espécies são adaptar-se, migrar ou morrer.

Entretanto, espera-se que muitas espécies não consigam se adaptar a tempo, não acompanhando o ritmo e amplitude das severas mudanças climáticas, conseqüentemente sofrendo grande risco de extinção. Chama-se atenção também para as intensas pressões sofridas pelos ecossistemas, além das mudanças climáticas, tais como o desmatamento, poluição, introdução de espécies exóticas invasoras, as quais são incessantes e colaboram para a degradação do meio, bem como para a perda de biodiversidade. Desta forma, entende-se que medidas precisam ser tomadas também no tocante dessas pressões adjacentes, como por exemplo o combate à fragmentação de habitats, combate às queimadas, gestão eficiente dos resíduos e lixo, além da criação de políticas públicas no que tange à fiscalização e combate ao tráfico ilegal de animais silvestres.

Promover a conservação da biodiversidade é também uma prática que influencia diretamente na mitigação dos efeitos causados pelo aquecimento global e mudanças climáticas. Fazendo dessa prática uma importante aliada às reduções de emissões de GEE, bem como o incentivo ao desenvolvimento sustentável, espera-se que seja dado tempo suficiente para o planeta estancar os impactos iminentes.

ATMOSPHERIC EMISSIONS AND THEIR INFLUENCES ON BIODIVERSITY LOSS

Alan Machado Santana
Lucio Fernando de Andrade

ABSTRACT

The Earth is faced with an intense biodiversity loss crisis, which is caused by different factors. One of them, and widely discussed in the scientific community around the world, are the atmospheric emissions and their influences on the planet climate. It is known that the increase of the concentrations of some gases in the atmospheric (mainly CO₂) has broad potential to intensify the natural greenhouse effect phenomenon, which in turn directly influences the changes in the Earth's climate. Once affected, the weather can change the conditions necessary for the maintenance of the biological processes of many species, and change the characteristics of the habitats used by them, working directly for the specific population decline. This consummated fact can even lead to the extinction of species primarily important in the biological cycling of the terrestrial and marine ecosystems. In this context, this article objective is analyze the role of atmospheric emissions acting in the Earth's biodiversity loss, trough the consequences caused by the anthropogenic high gas emission rates and the planet's natural emissions sources. For this purpose, it was carried out a review of specialized bibliography on the subject, as the reports made by bodies and agencies involved in the climate, as well as scientific articles and some books that deal with the subject.

Key words: Atmospheric emissions; climate changes; global warming; greenhouse gases; biodiversity;

REFERÊNCIAS

ALVES, Célia. 2005. Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica. **Química Nova**. v. 24, n. 5, p. 859-870, abr. 2015.

ANDREAE, M. O. Biomass burning: Its history, use and distribution and its impact on environmental quality and global climate, in *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic and Biospheric Implications*. p. 3-21, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1991.

BAUMANN, Hannes; TALMAGE, Stephanie; GOBLER, Christopher. 2012. Reduced early life growth and survival in a fish in direct response to increased carbon dioxide. **Nature Climate Change**. v. 2, p. 38-41.

BORSARI, Vanderlei. 2009. Caracterização das emissões dos gases de efeito estufa por veículos automotores leves no Estado de São Paulo. 207p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Brasil.

BOUROTTE, C. L. M. 2002. **Caracterização de poluentes atmosféricos (metais traços e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) na interface atmosfera-solo em áreas urbana e natural do estado de São Paulo**. 251p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, USP, São Paulo, Brasil.

BULARI, J. B. Aquecimento global – O Clima dos extremos. In: *Encuentro de Estudiantes y Graduados en Relaciones Internacionales del Cono Sur XIV e Encontro Nacional dos Estudantes de Relações Internacionais XIII, 2008*. Ribeirão Preto. **Anais... XIV CONOSUR XIII ENERI, 2008**.

CDB, 2006. **Panorama da Biodiversidade Global 2**. Secretariado da Convenção sobre a Diversidade Biológica. 2006. Montreal, Québec, Canadá. 89p.

CONTI, José. 2005. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia – USP**. São Paulo, v. 16, p. 70-75.

COSTA, Falberni *et al.* 2006. Métodos para avaliação das emissões de gases do efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria – RS. v. 36, n. 2, p. 693-700.

COX, P.M.; BETTS, R.A.; COLLINS, M.; HARRIS, P.P.; HUNTINGFORD, C. & JONES, C.D. 2004. Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. **Theoretical and Applied Climatology**, 78: 137-156.

FEARNSIDE, Philip. 2009. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis**. v. 13, n. 4, p. 609-618.

FREITAS, Saulo *et al.* 2005. Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul. **Estudos Avançados**. v. 19, n. 53, p. 167-185.

HARRABIN, Roger. 2012. BBC – Brasil. **Cientistas alertam para consequências de degelo recorde no Ártico**. Disponível em: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/08/120827_artico_ac.shtml. Acesso em 23 jan. 2015.

HOEGH-GULDBERG, Ove. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. **Science**. v. 318, n. 5857, p. 1737-1742.

INOUE, Keles. 2013. **Estimativa do potencial de emissão de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de tratamento de águas residuárias da suinocultura**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

KENNEDY, Caitlyn. NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration [US]). 2016. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. Disponível em: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>. Acesso em: 21 Set 2016.

MARENGO, José. 2001. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São Paulo, v. 16, n.1 p. 01-18.

MARENGO, José. 2006. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente. Série Biodiversidade. Brasília – DF, v. 26, 212 p.

MENDONÇA, Francisco. 2006. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: Alguns indicadores da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 2, p. 71-86.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2007. **Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas – MMA. Brasília-DF, v. 28, 220p.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2010. **Panorama da Biodiversidade Global 3**. Secretaria de Biodiversidade Florestas, Brasília – DF. 94p.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2011. **Quarto relatório nacional para a Convenção sobre a Diversidade Biológica: Brasil**. Brasília – DF, 248p.

MIRLEAN, Nicolai; ARGEU, Vanz; BAISCH, Paulo. 2000. Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande do Sul, RS. **Química Nova**. Rio Grande do Sul – RS. v. 23, n. 5, p. 590-593.

MONGIN, Mathieu *et al.* 2016. The exposure of the Great Barrier Reef to ocean acidification. **Nature Communications**. 7:10732 doi: 10.1038. p. 1-8.

NOBRE, Carlos. 2001. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Revista Parcerias Estratégicas**. v. 6, n.12, p. 239-258.

NOBRE, Carlos. 2008. Mudanças climáticas e o Brasil – Contextualização. **Parcerias Estratégicas**, Brasília – DF. n. 27, p. 07-17.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration – USA). Disponível em: <<http://www.noaa.gov/>>.

OLIVEIRA, J.L.F. **Poluição Atmosférica e o Transporte Rodoviário: Perspectivas de Uso do Gás Natural na Frota de Ônibus Urbanos da Cidade do Rio de Janeiro**. 1997. Tese COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas). 2014. **Base científica das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp.

PIMENTEL, Marta *et al.* 2014. Defective skeletogenesis and oversized otoliths in fish early stages in a changing ocean. **The Company of Biologists**. v. 217, n. 10, p. 2062-2070.

PIMENTEL, Marta. 2016. **Effects of ocean warming and acidification on the early stages of marine fishes**. 171p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal.

PIRES, Dilson. 2005. **Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição no ar na região metropolitana do Rio de Janeiro**. 188p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, Brasil.

PÖRTNER, Hans; LANGENBUCH, Martina; REIPSCHLAGER, Anke. 2004. Biological impact of elevated ocean CO₂ concentrations: lessons from animal physiology and earth history. **Journal of Oceanography**. v. 60, n. 4, p. 705-718.

REIS, Vanessa. 2012. **Respostas fisiológicas e celulares de macroalgas e corais à acidificação da água do mar**. Tese (Doutorado). Escola Nacional de Botânica Tropical (Jardim Botânico do Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, Brasil.

REIS de JESUS, Fernando. 1996. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica. **Revista Sitientibus**. Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS. Feira de Santana, Bahia, Brasil. n. 14, p. 143-153.

RIBEIRO, Suzana Kahn, et al. 2000. **Transporte e Mudanças Climáticas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Mauad Ltda.

SALATI, Enéas; DOS SANTOS, Ângelo; NOBRE, Carlos. 2004. As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm>>. Acesso em: 31 Mar 2016.

Secretariado da Convenção sobre a Diversidade Biológica. 2006. **Panorama da Biodiversidade Global 2**. Montreal, Canadá. 89p.

SUGUIO, Kenitiro. 2008. **Mudanças Ambientais da Terra**. Instituto Geológico (Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SP), São Paulo, Brasil. 336p.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2012. **Global Environment Outlook 5: Environment for the future we want**. 550p.

XAVIER, Maria; KERR, Américo. 2004. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, São Paulo – SP. v. 21, n. 3, p. 325-349.

WWF – Brasil. **Mudanças Climáticas**. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/>. Acesso em 22 jan. 2015.

ZIMMERMANN, Roque; SCHONS, Selma. 2009. O aquecimento global e o impacto sobre as águas. **Revista Filosofazer**. Passo Fundo – RS. n. 34.