# Base física do efeito estufa e aquecimento global - 10/01/2022

\_Sobre as bases físicas que mostram que as emissões antropogênicas de gases  
estufa contribuem para o aquecimento global\*\*[i]\*\*\_  
  
\*\*Introdução\*\*. Com a emergência da temática ambiental, nos interessa entender  
questões ligadas às mudanças climáticas e ao aquecimento global. Para isso,  
requer voltarmos a conceitos básicos outrora vistos para melhor compreensão  
desses fenômenos, ou seja, suas bases físicas. A respeito do artigo, mais  
precisamente, os autores enfocam o aquecimento global cuja causa dominante é a  
ação humana, de acordo com a evolução das pesquisas científicas no último  
século e a despeito de alegações em contrário[ii]. Então, o efeito estufa tem  
papel preponderante na regulação da temperatura planetária.  
  
\*\*O papel da composição atmosférica na temperatura planetária.\*\* Os autores  
trazem o raciocínio de Fourier, primeiro a tratar da temperatura planetária,  
de que a Terra, recebendo energia constantemente do sol, deveria reemiti-la de  
volta pois, de outra forma, superaqueceria e assim poderia manter uma  
temperatura de equilíbrio. A energia solar atinge os planetas de seu sistema  
por ondas eletromagnéticas cujas intensidades dependem da luminosidade do  
astro e da sua distância. Porém, boa parte dessa energia não é absorvida pelo  
planeta[iii], já que uma parte é refletida pela atmosfera e outra parte pela  
superfície. Ocorre que o planeta recebe a luz solar em metade de sua  
superfície e a reflete por toda a sua extensão (conceito conhecido por  
albedo[iv]). A figura abaixo ilustra esse ponto.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEiEDbbhAJ9gTFbNxOk15\_PBSsVmfuisjzxFnyzlRspowRdbQaJUGUtpTc7meoCIOwPMGbJdC2W0n5KtdDMuhmCAZ0VVoJ6XAZHC5ENrO7AvtOD2gFjd3vtCkUREEAYT9RZRat7h-\_g73mtuhx-  
zkHeO2VnVmLVSSqVRwLeFH39HMq80a1yxi2sb5gbo=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEiEDbbhAJ9gTFbNxOk15\_PBSsVmfuisjzxFnyzlRspowRdbQaJUGUtpTc7meoCIOwPMGbJdC2W0n5KtdDMuhmCAZ0VVoJ6XAZHC5ENrO7AvtOD2gFjd3vtCkUREEAYT9RZRat7h-\_g73mtuhx-  
zkHeO2VnVmLVSSqVRwLeFH39HMq80a1yxi2sb5gbo=s967)  
  
Os itens elencados acima fazem com que a temperatura de equilíbrio da Terra  
(-18º) seja bem menor do que a temperatura em sua superfície, em torno de 15º.  
Comparando com outros planetas que têm as temperaturas estimadas, podemos  
notar a diferença entre elas, conforme a tabela que segue.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgiNPRLrGMVIyjG3VTXGd9Lwf7PcadShYao2zWnjOfzpCQkIsIiURyiSWo9TwOQgiHsjZikVgAPlIvHDTv5Hfha2jkDI06ywyZhoM0fOwGoT7r7anPW8jmshu\_ybSXxZcOVT0JEJKGjv6ZsGZNzzlp0zweDAXErS7  
--  
19xTSuxnMPtvztrMemfvj9XS=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgiNPRLrGMVIyjG3VTXGd9Lwf7PcadShYao2zWnjOfzpCQkIsIiURyiSWo9TwOQgiHsjZikVgAPlIvHDTv5Hfha2jkDI06ywyZhoM0fOwGoT7r7anPW8jmshu\_ybSXxZcOVT0JEJKGjv6ZsGZNzzlp0zweDAXErS7  
--19xTSuxnMPtvztrMemfvj9XS=s633)  
  
Se Mercúrio e Marte as têm próximas, isso não ocorre com Terra e Vênus que as  
têm distintas exatamente por conta da atmosfera de cada um. Se a atmosfera é  
substancial, isto é, espessa e com gases estufa, ela absorve parte da radiação  
refletida e aumenta a temperatura da atmosfera baixa, qual seja, da superfície  
e a isso dá-se o nome de “efeito estufa”. Já a próxima tabela ilustra as  
tênues pressões atmosféricas em Mercúrio e Marte que não geram as diferenças  
de temperatura bem como o oposto para Terra e Vênus.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgLnngabBuL-  
GRLvFFnTWT1HXIABLpdfp0uL91L2EBKsi8PWsyhraSEkz0iQC9lLHUwApNReT-  
DHjPGguD0WxI1sxD\_JiecaoLua\_4iVVInQVWKdBLMSvUJ61SE1mLukXbo6a1DI7OZx933c6saOdduCVyTex\_gmcOmqkDVpbuRVbA3xjLas2VhieyA=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgLnngabBuL-  
GRLvFFnTWT1HXIABLpdfp0uL91L2EBKsi8PWsyhraSEkz0iQC9lLHUwApNReT-  
DHjPGguD0WxI1sxD\_JiecaoLua\_4iVVInQVWKdBLMSvUJ61SE1mLukXbo6a1DI7OZx933c6saOdduCVyTex\_gmcOmqkDVpbuRVbA3xjLas2VhieyA=s1597)  
  
Vênus que, mais longe do sol do que Mercúrio, ainda assim apresenta alta  
temperatura devido à junção da alta pressão com alta presença do gás de efeito  
estufa dióxido de carbono, como podemos ver a seguir.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgtCq9Jg3Q0AM8EUf3TPQdI5\_B-i7TFwAhhUur93Nt4LBFc940joIWwxMPm2b98YmNg-  
XbQM8BHMqDnJS3IFCeA2cPA\_A1qstxFv\_c7UqlcDjvwmqrpU\_h7PhDnwhmHeD1h\_DjJBOTbIXjmXaGZStgxMqXWXpyvngi2Zk6IetFz-  
xu2H7lzyOfinMO6=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgtCq9Jg3Q0AM8EUf3TPQdI5\_B-i7TFwAhhUur93Nt4LBFc940joIWwxMPm2b98YmNg-  
XbQM8BHMqDnJS3IFCeA2cPA\_A1qstxFv\_c7UqlcDjvwmqrpU\_h7PhDnwhmHeD1h\_DjJBOTbIXjmXaGZStgxMqXWXpyvngi2Zk6IetFz-  
xu2H7lzyOfinMO6=s1601)  
  
Ainda conforme a tabela, embora Marte também tenha alta presença de CO2, ele é  
pouco concentrado como se pode ver pela sua pressão atmosférica, que faz com  
que o planeta não absorva muita radiação infravermelha oriunda da superfície.  
A tabela também mostra a distinta composição de gases que a Terra apresenta  
com relação aos vizinhos Vênus e Marte (conforme figura dos planetas do  
sistema solar que se segue[v]) e, embora seja baixa a concentração de dióxido  
de carbono, ele se junta a outros gases (vapor d’água, metano e óxido nitroso)  
para compor o efeito estufa e aumentar a temperatura da superfície em 30º  
acima da temperatura de equilíbrio.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEiGZqtIYMRpsKDsG\_737wFmUmGUJw6nzmobaQ0yhqeJ1hQOfy8tbazKrjtVu\_7snjqVzVSH6p9xl0HvOb3FpUL6PRZgcbB1BUJ-6ve7w92IA0R\_lnw2bos3DasV\_CovpIB2y0Q7R3L47iMPvV6X2BB-3TIcw-25bvnITrX9KzI5XnSJOJ9kGhK\_zPqJ=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEiGZqtIYMRpsKDsG\_737wFmUmGUJw6nzmobaQ0yhqeJ1hQOfy8tbazKrjtVu\_7snjqVzVSH6p9xl0HvOb3FpUL6PRZgcbB1BUJ-6ve7w92IA0R\_lnw2bos3DasV\_CovpIB2y0Q7R3L47iMPvV6X2BB-3TIcw-25bvnITrX9KzI5XnSJOJ9kGhK\_zPqJ=s896)  
  
Os autores também enfatizam que é a própria vida na Terra, sua biosfera, que  
regula a composição química da atmosfera pelos ciclos biogeoquímicos e, se a  
vida fosse extinta, rapidamente teríamos uma composição similar a Vênus e  
Marte.  
  
\*\*Detalhamento do efeito estufa da Terra.\*\* Embora Fourier tenha afirmado que  
o calor encontra menos resistência ao entrar na atmosfera em estado de luz do  
que ao sair como calor não luminoso, a base física só foi evidenciada com o  
uso de um espectrofotômetro por Tyndall, em 1859, que mostrou que dióxido de  
carbono e vapor d’água (CO2, H2O) poderiam absorver radiação infravermelha,  
enquanto oxigênio, nitrogênio e hidrogênio não (O2, N2, H2).  
  
Contudo, só no século XX se clarificaram as medidas e os gases de efeito  
estufa, nomeadamente: CO2, H2O, CH4 (metano), N2O (óxido nitroso), CFCs e  
O3(ozônio) que absorvem radiação infravermelha. Abaixo são mostrados os  
comprimentos de onda com destaque para o espectro visível e também as ondas  
longas de infravermelho na qual os gases estufa são ativos radioativamente.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEg6rQLo4KtSBUZVuof0goIthP7Qw7FGWryZxDpOtMa3JfS-  
sTkpbbd6xeZB7rBRMs9ZfNLQsFt-  
pkg8ZMXMTpjSq\_T4gy2CwpuAMv3YckTQrmahtiHukW0ZITSiN5qbcDxbZEp2baOHiOeX288i0AdqpF34SVgPr\_kD4CVX9Sg9vAkaWXmucfvFo6DD=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEg6rQLo4KtSBUZVuof0goIthP7Qw7FGWryZxDpOtMa3JfS-  
sTkpbbd6xeZB7rBRMs9ZfNLQsFt-  
pkg8ZMXMTpjSq\_T4gy2CwpuAMv3YckTQrmahtiHukW0ZITSiN5qbcDxbZEp2baOHiOeX288i0AdqpF34SVgPr\_kD4CVX9Sg9vAkaWXmucfvFo6DD=s643)  
  
Então, conforme já dito, o sol emite ondas eletromagnéticas para nós numa  
radiação visível que não é absorvida por esses gases (0,4 μm a 0,7 μm). Cerca  
de 70% dessa radiação visível entra na Terra aquecendo-a, que então emite  
radiação infravermelha para o espaço que é obstruída pelos gases estufa,  
esquentando a baixa atmosfera.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEhkfdX5dgza8Mas9T-pYoi6YXaMHvTA5mJ9ZQFRE9AiCV83KEF35cZvPjdTZaTvbDZMHFql75Sw8BJTDxdpjOGC6fAHP-c1uh4SebdRwCITBC21UKZe-  
eNWEWxhveCqcLH8kHMBs5ed\_LB6sEGY9OaWxiGXkPoI0G0ohg8gGtDM5SuNgnwwTZAhHO48=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEhkfdX5dgza8Mas9T-pYoi6YXaMHvTA5mJ9ZQFRE9AiCV83KEF35cZvPjdTZaTvbDZMHFql75Sw8BJTDxdpjOGC6fAHP-c1uh4SebdRwCITBC21UKZe-  
eNWEWxhveCqcLH8kHMBs5ed\_LB6sEGY9OaWxiGXkPoI0G0ohg8gGtDM5SuNgnwwTZAhHO48=s847)  
  
Acima o desenho esquemático do efeito estufa, com destaque para a emissão de  
dióxido de carbono em todas as direções. Outro ponto é que, quanto maior a  
temperatura de um corpo, menor o seu comprimento de onda emitida e aí a Terra,  
bem menos quente que o sol, emitindo na faixa do infravermelho em torno de 10  
μm (isso será mostrado em outro gráfico mais a frente). Pois que, pelo estudo  
da espectroscopia do infravermelho para o dióxido de carbono, é mostrado que  
ele absorve radiação nos comprimentos de onda de e 4,2 μm e 15 μm, ou seja,  
ele é opaco nesses pontos (e vai coincidir com o comprimento de onda da Terra,  
como se verá).  
  
Os autores ainda trazem uma questão extremamente técnica para esclarecer as  
bandas de absorção do CO2 e sua interação com a radiação infravermelha.  
Sucede-se que a radiação infravermelha incidente na molécula de CO2 possui  
frequência compatível com a frequência de vibração do mesmo e este absorve  
radiação em uma mudança do momento de dipolo, que ocorre quando a molécula  
vibra e interage com os campos elétricos e magnéticos da radiação.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEjuqUO9PcPkCqLreedE0q\_uGhWSdxCYxe\_vxXIfC9jWFssmvmUVh1qSybUuWGK9KCDNsf6F4gScJqnqLSbL2myGl1ZBOJXmsS0Y1rzTbJdENPDmGQI3oYeQl3it43XV6w4zJap9TADADS-  
Ci2Pz1Ih-  
gkz1uoYMYWIKItyXqLwYZob05ZkZQIrxtjhq=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEjuqUO9PcPkCqLreedE0q\_uGhWSdxCYxe\_vxXIfC9jWFssmvmUVh1qSybUuWGK9KCDNsf6F4gScJqnqLSbL2myGl1ZBOJXmsS0Y1rzTbJdENPDmGQI3oYeQl3it43XV6w4zJap9TADADS-  
Ci2Pz1Ih-gkz1uoYMYWIKItyXqLwYZob05ZkZQIrxtjhq=s611)  
  
Acima é mostrado os modos normais de vibração do CO2 com destaque para os  
momentos de absorção v2 e v3, ao passo que o estado v1 é apolar (simétrico).  
Trazendo o gráfico da emissão da radiação da Terra abaixo, vê-se a atuação da  
banda de 15 μm (v2 acima) atuando na faixa de 10 μm, indicando a existência do  
efeito estufa.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgPvqggxQrgmC2a0ZZUE2yOWe-  
OBhJVb3aOmRQPiOctEwX4rFbCTm03Cac8wlVp4r4MotqgDS3FYRkyv9QTR1C5KFsG7qbw-  
UtydOT25OsYVPnAWDsu9ZbgHG7JHYmYd9FWyPIf1RxTQ7Thh1VuBNqgp974rIh\_qbe31XAeFAmxpFnhNFemXkfRXcmQ=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEgPvqggxQrgmC2a0ZZUE2yOWe-  
OBhJVb3aOmRQPiOctEwX4rFbCTm03Cac8wlVp4r4MotqgDS3FYRkyv9QTR1C5KFsG7qbw-  
UtydOT25OsYVPnAWDsu9ZbgHG7JHYmYd9FWyPIf1RxTQ7Thh1VuBNqgp974rIh\_qbe31XAeFAmxpFnhNFemXkfRXcmQ=s805)  
  
\*\*O balanço energia da Terra: o efeito estufa em ação\*\*. A despeito do  
comportamento do CO2, etc., os autores ressaltam que o mecanismo principal da  
temperatura planetária é o balanço de energia da Terra, qual seja, a  
manutenção da temperatura média entre as intensidades de energia entrantes e  
saintes. De acordo com os cientistas, um desequilíbrio que possa levar a  
mudança da temperatura média ocorreria por três possiblidades ou \_forçantes  
climáticas\_ : 1.) \_mudança da radiação solar entrante\_ , seja por mudança na  
intensidade da radiação solar ou da órbita da Terra (que não tem acontecido,  
segundo observações), 2.) \_mudança do albedo da Terra\_ , pela mudança de  
cobertura das nuvens, partículas de aerossóis e cobertura do solo (também não  
ocorre) e 3.) \_mudança da radiação terrestre para o espaço,\_ devido à  
alteração na concentração dos gases de efeito estufa.  
  
Não obstante, convém lembrar que a temperatura de equilíbrio se dá a uma  
altitude média da atmosfera acima dos gases estufa e, abaixo deles, há a  
temperatura da superfície que recebe a reemissão da radiação para baixo e aí  
se aplicam modelos de medida da transferência radioativa que não nos interessa  
detalhar agora, embora os autores os tivessem simplificado em um modelo de  
linha que abstrai as camadas da atmosfera e outros fatores como correntes  
oceânicas, variações dos espectros de onda, transferência de energia entre as  
camadas e distribuição dos gases.  
  
De todo modo, desse modelo é possível estimar a temperatura da superfície a  
partir da temperatura de equilíbrio, chegando a um valor de ~303 K (-273 =  
30º, acima dos 15º por conta da simplificação) e permitindo mostrar que a  
“radiação reemitida para baixo contribui para o aquecimento da superfície” (p.  
16) e também que, em última instância, a radiação escapa a altas altitudes e o  
aumento dos gases de estufa irá aumentar a temperatura de superfície e sua  
diferença com relação à temperatura de equilíbrio, desequilibrando o balanço.  
  
\*\*O aumento do efeito estufa e a busca do balanço trazem aquecimento.\*\* Se o  
efeito estufa é um processo natural e essencial para a vida na Terra, a  
mudança da composição química da atmosfera pela concentração de gases de  
efeito estufa, sem dúvida, irá aumentar a temperatura do planeta. Acontece  
que, se é mantida a radiação entrante e os gases de efeito estufa dificultam a  
sua saída, há um desequilíbrio entre a entrada e a saída de radiação. Nesse  
caso, a Terra precisa esquentar para reequilibrar o fluxo de energia e, aí,  
atinge um novo estado de equilíbrio.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEjLCE\_Y2OpN401JdPZwc\_wMHdYCrOmnFp5t0kWXQ2cYgf-l2n620lJhHqT8mSPHxVXXijA3u3H23Ko3Bxd0Dj1tMujjkte-  
KqnMXf7X9YCXYnx47D7wXBIPJZ-  
oFT0SdZvZ\_SYxvLG6SMhdgPwzYvUYLkVu3r3jU7kj3vQ3uszs5\_owgrCpePlwqzCQ=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEjLCE\_Y2OpN401JdPZwc\_wMHdYCrOmnFp5t0kWXQ2cYgf-l2n620lJhHqT8mSPHxVXXijA3u3H23Ko3Bxd0Dj1tMujjkte-  
KqnMXf7X9YCXYnx47D7wXBIPJZ-  
oFT0SdZvZ\_SYxvLG6SMhdgPwzYvUYLkVu3r3jU7kj3vQ3uszs5\_owgrCpePlwqzCQ=s544)  
  
A figura acima ilustra a busca pelo balanço de energia quando, em b), o  
aumento da concentração de dióxido de carbono irá diminuir a temperatura de  
saída para 236K e, então, a Terra se aquece (3º) para atingir o novo  
equilíbrio. Esse valor de incremento e sua rapidez de aumento ainda são debate  
entre os cientistas, conforme enfatizam os autores.  
  
\*\*Papel do CO 2 no aquecimento global.\*\* Se o vapor d’água contribui mais do  
que o CO2 entre os gases com efeito estufa (vapor d’água = 50%, nuvens = 25%,  
CO2 = 20% e demais gases 5%), o CO2, além de não condensável, apresenta  
evidências de relação com as eras do gelo[vi] e é parte da história climática  
da terra. Soma-se a isso que o nível atual de CO2 jamais foi atingido no  
período observado (um pico de 300 contra 400 ppm atuais das emissões humanas  
pós revolução industrial)[vii].  
  
Já o vapor d’água é condensável e se regula pela temperatura da atmosfera que  
vai comportar determinada quantidade, o resto condensa-se. Assim sendo, ele  
não é considerado uma forçante climática e se associa com o mecanismo de  
retroalimentação. Conclui-se que o CO2 é o termostato da terra, já que a sua  
ausência atmosférica levaria a um congelamento do planeta.  
  
A contribuição de dióxido de carbono de origem humana é demonstrada pelas  
conhecidas anotações de Charles David Keelling, ilustradas abaixo.  
  
[![](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEjoIYxkSkWiN7xt9ebAaGXatwrdoRFkWwsEL01rtNbcywXKw4HPXLZaL8RUf62CYQPejOBdBIz2QhGu-3AZoUfYt7NX0LRoLF9pCf1y40xFayURWNSN-  
IBDOLXh6iA\_5uA7B0\_N6uBykFsvu7Lj6ffunLeAp\_KLye7jvzisXGEJsb1BXISf\_3suMT2d=s320)](https://blogger.googleusercontent.com/img/a/AVvXsEjoIYxkSkWiN7xt9ebAaGXatwrdoRFkWwsEL01rtNbcywXKw4HPXLZaL8RUf62CYQPejOBdBIz2QhGu-3AZoUfYt7NX0LRoLF9pCf1y40xFayURWNSN-  
IBDOLXh6iA\_5uA7B0\_N6uBykFsvu7Lj6ffunLeAp\_KLye7jvzisXGEJsb1BXISf\_3suMT2d=s643)  
  
Se aliarmos esse dado com as medições de temperatura ao longo dos anos  
(considerando incremento de 1º desde a revolução industrial) e com as  
comprovações cientificas que descartam as outras forçantes climáticas, os  
autores afirmam que:  
  
“O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) criado em 1988  
sob o comando da Organização Meteorológica Mundial (WMO) em seus relatórios  
tem atestado com níveis de confiança cada vez maiores que as evidências  
científicas são suficientemente fortes para afirmar que o aquecimento  
observado tem como causa dominante as emissões antropogênicas de gases estufa  
(Ipcc, 2013)”  
  
Por fim, os autores sintetizam o argumento da seguinte forma:  
  
1\. O efeito estufa é um fenômeno natural essencial à vida na Terra.  
  
2\. O mecanismo do efeito estufa opera a partir das moléculas dos gases estufa  
que absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra, reemitindo uma parte  
de volta para a superfície terrestre.  
  
3\. As emissões humanas estão aumentando a concentração de gases estufa na  
atmosfera.  
  
4\. Um aumento da concentração de gases estufa na atmosfera intensifica o  
efeito estufa da Terra.  
  
5\. Um efeito estufa mais forte causa um desequilíbrio no balanço de energia  
da Terra.  
  
6\. Para retornar ao equilíbrio energético a Terra precisa esquentar tendo  
como resultado o aquecimento global.  
  
   
  
\* \* \*  
  
[i] Conforme <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\_ID531/v13\_n5\_a2018.pdf>:  
Efeito Estufa e Aquecimento Global: Uma abordagem conceitual a partir da  
física para Educação Básica. Simplificado, resumido, sem fórmulas 😊.  
  
[ii] “Fatos alternativos” citados: 1.) o planeta não está aquecendo, mas  
resfriando; 2.) estamos num ciclo natural; 3.) as emissões de dióxido de  
carbono não são um problema; 4.) o efeito estufa não existe.  
  
[iii] Energia absorvida = potência.  
  
[iv] Conforme <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/albedo.htm>, albedo  
é a medida da quantidade de radiação solar refletida de um objeto ou alvo com  
relação a quantidade de energia incidente. O albedo varia de 1 (reflexão total  
de corpo refletor perfeito) a 0 (absorção total de um corpo negro), que são  
extremos teóricos inexistentes na natureza. O albedo da Terra como um todo,  
incluindo as nuvens, é em torno de 0,4, ou seja, 60% da energia solar  
incidente é retida no sistema Terra.  
  
[v] Fonte: <http://estudandoepesquisando.blogspot.com/2015/02/planetas-do-  
sistema-solar.html>.  
  
[vi] Conforme citação dos autores dos estudos feitos na estação Vostok da  
Antártica.  
  
[vii] Não só o dióxido de carbono, como metano, óxido nitroso, ozônio e  
clorofluorcarbonetos apresentam aumentos expressivos de 1850 para cá,  
principalmente pela queima de combustíveis fosseis como petróleo e carvão,  
desmatamento, agricultura e pastagens.