

Projeto EDDIE: MUDANÇA CLIMÁTICA

Apostila do Aluno

Este módulo foi inicialmente desenvolvido por O'Reilly, C.M., D.C. Richardson e R.D. Gougis. 15 de março de 2017. Projeto EDDIE: Mudanças Climáticas. Projeto EDDIE Módulo 8, Versão 1. O desenvolvimento do módulo foi apoiado por NSF DEB 1245707

Objetivos de aprendizado:

- Analisar os dados de temperatura global para ver se as temperaturas globais médias da Terra estão realmente aumentando;
- Analisar os dados de concentração de dióxido de carbono para ver se os níveis atmosféricos estão realmente aumentando;
- Correlacionar os dados de concentração de dióxido de carbono com a temperatura global para ver se há uma relação;
- Comparar as tendências atuais com as taxas de variação durante os períodos pré-históricos usando dados de testemunho de gelo;
- Interpretar o que esses resultados significam para a compreensão das mudanças climáticas atuais;
- Aprender atalhos básicos e gráficos no Excel

Por que isso é importante: as mudanças climáticas atuais estão afetando muitos aspectos do meio ambiente, com consequências socioeconômicas. Por exemplo, um clima mais quente pode permitir que novas doenças sejam introduzidas e persistam (por exemplo, o Nilo Ocidental se estabeleceu nos Estados Unidos depois que um inverno excepcionalmente quente permitiu que os mosquitos que carregam o vírus sobrevivessem e se propagassem). Estamos preocupados não apenas com a temperatura real, mas também com a taxa em que a temperatura muda. Variações muito rápidas tornam mais provável que as espécies (talvez até incluindo os humanos!) não possam se adaptar e se extinguirão.

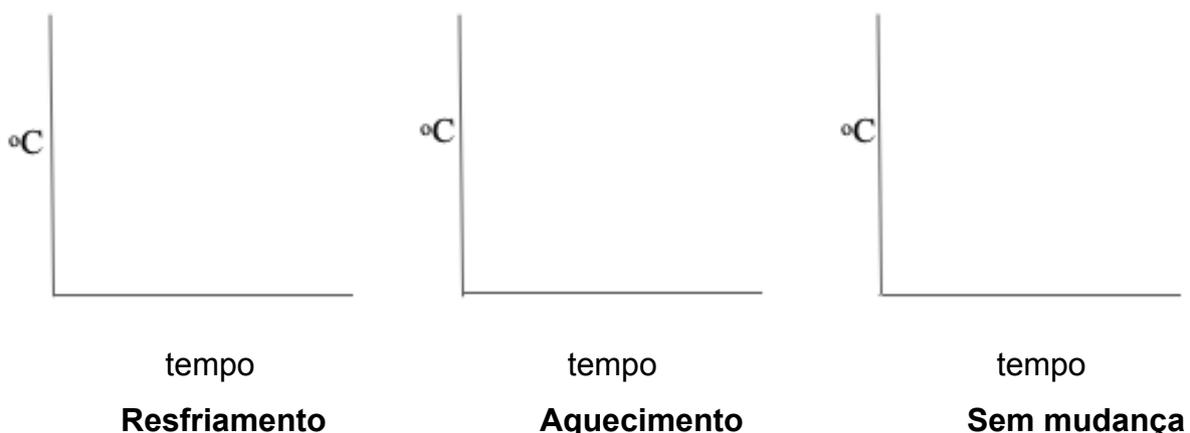
Sinopsis:

1. Discussão de artigos lidos para a aula e apresentação em Power Point;
2. Atividade A: Determine as taxas de variação atuais de temperatura do ar e de concentração de dióxido de carbono a partir de conjuntos de dados modernos.
3. Atividade B: Explore se a temperatura e as concentrações de dióxido de carbono estão relacionadas.
4. Atividade C: Compare as taxas atuais com as taxas pré-históricas de variação usando dados de um testemunho de gelo para investigar como o clima mudou no passado.

Atividade A: Em que medida a temperatura e a concentração de dióxido de carbono atmosférico estão mudando?

Variações na temperatura do ar - Cientistas do Instituto Goddard de Estudos Espaciais, NASA, compilaram conjuntos de dados de temperatura de estações meteorológicas de todo o mundo para criar o conjunto de dados com o qual você trabalhará hoje para responder à pergunta: A Terra está “esquentando”? Os dados que você usará são dos anos 1880-2013.

1. Antes de conduzir sua análise, você deve primeiro fazer suas previsões. Que declive indicaria um aquecimento da Terra? Qual inclinação indicaria que a temperatura global média da Terra não está mudando? Que declive indicaria um resfriamento da Terra? Desenhe linhas nos eixos abaixo para mostrar quais seriam as inclinações esperadas nesses diferentes cenários.



2. Obtendo os dados de temperatura do ar: Esses dados são compilados pelo Instituto Goddard para Estudos Espaciais, NASA, e são disponibilizados por meio do Instituto de Política da Terra (Earth Policy Institute), http://www.earth-policy.org/data_center/

Selecione Clima, Energia e Transporte (Climate, Energy, and Transportation). O conjunto de dados que você está procurando é chamado de algo semelhante a “Temperatura Global Média, 1880-2014 (Celsius)” (Average Global Temperature, 1880-2014 (Celsius)), cerca de 15 linhas abaixo. Baixe este arquivo excel e salve em seu computador em um local onde possa encontrá-lo novamente (Área de Trabalho é uma boa opção).

3. Abra o conjunto de dados. Faça um gráfico de dispersão da variação de temperatura ao longo do tempo.

4. Agora, determine a taxa de variação. Determinar as taxas de mudança graficamente é simples. A taxa média de variação é apenas a diferença da temperatura dividida pela diferença do tempo, ou diferença em y dividida pela diferença em x, ou a inclinação de uma linha que se ajusta aos dados. Tudo isso é a mesma coisa. Felizmente, o Excel pode calcular a inclinação de uma linha com muita facilidade. Portanto, para determinar a taxa de variação (inclinação), adicione uma linha de tendência. Ao fazer isso, certifique-se de selecionar as opções para mostrar a equação da linha e o valor de R^2 . A equação é escrita na forma $y = mx + b$, onde m é a inclinação e b é a interceptação. O valor de m é a taxa de variação.

O R ao quadrado (R^2) é uma estatística resultante de uma análise de regressão linear, que é o nome estatístico do que você acabou de fazer ao adicionar uma linha de tendência. Descreve a proporção de variação na variável dependente explicada pela variável independente. Quando $R^2 \sim 1$, os dados formam uma linha perfeitamente reta. À medida que os dados se tornam mais dispersos da linha, R^2 diminui em direção a 0. Valores mais altos de R ao quadrado indicam uma relação mais forte entre as duas variáveis. Registre seu valor de R^2 abaixo com sua inclinação.

a. Equação para a linha:

b. $R^2 =$

c. Taxa de variação de temperatura do ar (inclui unidades):

d. Dada a sua análise, a Terra está aquecendo? Como você sabe?

5. Muitos cientistas afirmam que mudanças drásticas na temperatura global começaram em meados de 1900, quando o transporte movido a combustível fóssil se tornou presente na maioria das famílias. Teste essa hipótese ajustando sua linha de tendência para que olhe apenas para as décadas mais recentes, depois que o transporte pessoal se tornou comum. Você pode fazer isso:

- Decida em que ano, em meados de 1900, você deseja iniciar a linha de tendência. Role até aquele ano e selecione os dados (ano e temperatura) daquele ano até o ano mais recente.
- Crie um gráfico de dispersão exatamente como fez antes e adicione uma linha de tendência com o R^2 .

Escreva suas respostas para (a) e (c) no quadro para comparar com as de outras pessoas.

a. Equação para a linha:

b. $R^2 =$

c. Taxa de variação de temperatura do ar (inclui unidades):

d. Compare as inclinações dessas duas linhas (1880 até meados da década de 1990 e meados da década de 1990 até 2013). Suas análises apóiam a hipótese de que a taxa de temperatura média global é maior desde a década de 1950?

Mudanças na concentração de dióxido de carbono atmosférico - Em 1958, o Dr. Charles David Keeling (1928-2005), que era um cientista do Scripps Institute of Oceanography, começou a coletar dados sobre a concentração de dióxido de carbono atmosférico no Observatório Mauna Loa, localizado no Havaí. Esse conjunto de dados é o que nos permitiu entender o grau em que as mudanças climáticas são causadas pelo homem por meio da queima de combustíveis fósseis e liberação de dióxido de carbono na atmosfera. Devido a suas realizações científicas, o Dr. Keeling foi premiado com a Medalha Nacional de Ciência pelo presidente George W. Bush em 2002. Este é o maior prêmio por conquistas científicas que podem ser concedidas nos Estados Unidos. Hoje,

you can analyze this same set of data, except that you have more data available for Dr. Keeling and his colleagues, because your set of data extends to the present.

6. Obtain the data of atmospheric carbon dioxide concentration: The longest measurements of atmospheric carbon dioxide concentration were made at Mauna Loa, Hawaii. The simplest way to access the data is directly on the Mauna Loa page. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> (You can already see some graphs on this page, but since you want to analyze these data to determine a rate of change, you will need to download them.) Select the 'Data' guide. Select "Annual mean atmospheric carbon dioxide concentration at Mauna Loa (CSV)" (Mauna Loa CO₂ annual mean data). The data will appear as a web page in .txt format. This is a common format for sets of data that are relatively small and can be downloaded easily. There is a lot of text at the top that describes the data set. The data is presented as a column of years, a column of average atmospheric carbon dioxide concentration in ppm (parts per million or micromoles per mole of air), and the last column is the estimated uncertainty in the annual mean, which is the standard deviation.

Since you only need the data, the easiest way to do this is to highlight the data section of the web page, including the titles (year, mean, inc). Copy. Then, paste into Excel, in a new spreadsheet in the same file that contains the global temperature data. To convert from .txt format to Excel format, you need to be sure that the column is highlighted and, then, go to 'Text to columns' in the Data guide in Excel. In the new window, you will be able to click, since the default settings should work. You should be able to see the data in columns.

7. As you did for the air temperature, represent the data in a graph of atmospheric carbon dioxide concentration as a function of time.

8. Determine the current rate of change of atmospheric data of atmospheric carbon dioxide concentration by adjusting a trend line, as you did for the air temperatures.

a. Equation for the line:

b. $R^2 =$

c. Rate of change of atmospheric carbon dioxide concentration in the air (include units):

d. Com base em sua análise, a concentração de dióxido de carbono atmosférico aumentou? Quão confiante você está nesses resultados? Que fenômeno explica os padrões similares da temperatura e da concentração de dióxido de carbono atmosférico global médios?

Atividade B: Qual a relação entre as mudanças de temperatura e de concentração de dióxido de carbono ?

1. Para determinar se uma mudança na concentração de dióxido de carbono é similar a uma mudança na temperatura do ar, você pode representar graficamente a temperatura em relação à concentração de dióxido de carbono . Para fazer isso, destaque os dados de concentração de dióxido de carbono de 1959 em diante, copie-os e cole-os ao lado dos dados de temperatura desses anos. Em seguida, faça um gráfico com concentração de dióxido de carbono no eixo x e temperatura no eixo y.

a. Equação para a linha:

b. $R^2 =$

c. Com base em sua análise, a concentração de dióxido de carbono atmosférico poderia explicar o aumento na temperatura média global?

Atividade C: Como as tendências atuais se comparam às taxas de mudança pré-históricas?

Uma exploração do Testemunho de Gelo Vostok - Ao analisar o clima da Terra, é importante lembrar que a Terra tem 4,54 bilhões de anos. Nossas análises até agora olharam apenas para a história recente. Como podemos comparar os dados recentes com o tempo pré-histórico? As taxas atuais de mudança são semelhantes ou diferentes daquelas que a Terra experimentou no passado? Para explorar isso, podemos usar dados retirados de testemunhos de gelo que foram perfurados nos pólos.

Centenas de testemunhos de gelo foram extraídos do gelo polar, porque contêm dados valiosos sobre a química atmosférica ao longo do tempo pré-histórico. Esses dados valiosos existem em pequenas bolhas de ar que ficam presas no gelo. Essas bolhas de ar contêm os mesmos gases nas mesmas proporções que a atmosfera no momento em que

o gelo se formou. Os dados que você analisará hoje são de testemunhos de gelo extraídas da estação de pesquisa Vostok na Antártica. Como você provavelmente presumiu, a profundidade do testemunho de gelo está relacionada à idade do gelo; o gelo profundo é mais antigo. Existem duas outras variáveis que você analisará nos testemunhos de gelo. A primeira é a temperatura, que é obtida de relações entre isotopos no gelo do testemunho, de modo que essas razões isotópicas possam ser convertidas em temperaturas do ar. A segunda variável que você vai analisar é a concentração de dióxido de carbono, que foi medida a partir de bolhas de ar presas no gelo. Podemos usar esses dados para ver como eram as taxas de variação durante esse período pré-histórico, durante o qual a atividade humana foi mínima.

1. Os dados do testemunho de gelo Vostok estão disponíveis no Centro de Análise de Informações de Dióxido de Carbono (Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC) <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/> No menu suspenso Dados (Data), selecione Clima (Climate). Em seguida, selecione Temperatura (Temperature). Então, na parte inferior da página, há um link chamado “Registro histórico de temperatura isotópica do testemunho de gelo Vostok, Antártica” (Historic isotopic temperature record from the Vostok ice core, Antarctica). Selecione este link (https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/temp/vostok/jouz_tem.htm), que fornece informações sobre a localização central e, em seguida, selecione ‘Dados digitais’ (Digital data) na parte superior da página. Semelhante aos dados de concentração de dióxido de carbono, você precisa destacar os cabeçalhos das colunas e, em seguida, descer todas as linhas, excluindo todo o texto na caixa com estrela. Baixe os dados do testemunho de gelo Vostok para o Excel e salve-os como uma nova pasta de trabalho do Excel na área de trabalho.

2. Nestes dados, a coluna de temperatura não é a temperatura real, mas a variação ou anomalia de temperatura. Para usar as temperaturas reais, você terá que calculá-las a partir do conteúdo 'delta D'. Deutério, ou delta D, representa a proporção relativa de dois tipos de hidrogênio ($^2\text{H}:^1\text{H}$). Mudanças na proporção desses dois tipos de hidrogênio na água gelada se correlacionam com a quantidade de evaporação e, portanto, com a temperatura da água do oceano. Na próxima coluna, calcule a paleo-temperatura em Vostok com base na fórmula que descreve a relação empírica entre a temperatura e a concentração de deutério:

$$\text{Temperatura (}^\circ\text{C)} = -55,5 + (\text{delta D} + 440) / 6$$

Você pode fazer isso facilmente clicando na nova célula do Excel, digitando '=' e, em seguida, digitando a fórmula e selecionando a célula para 'delta D' e pressionando a tecla Enter. O diagrama abaixo dá um exemplo (a fórmula do exemplo não está correta). Depois de ter sua fórmula, você pode copiar e colar essa célula ou usar outros atalhos. Certifique-se de fornecer um título de coluna.

	A	B	C	D	E
1	Vostok Ice Core data				
2	depth in core	gas_age	CO2	gas_age	
3	m	1000s of years	ppm	years	
4	130	1.9	274	=B4*1000	
5	140	2.28	273.07		
6	150	2.66	272.14		
7	160	3.04	271.22		
8	170	3.41	270.29		
9	180	3.82	268.39		
10	190	4.25	266.06		
11	200	4.67	263.73		
12	210	5.09	261.4		
13	220	5.52	259.06		
14	230	5.94	256.73		
15	240	6.36	254.4		
16	250	6.79	252.07		
17	260	7.23	255.09		
18	270	7.68	257.22		

3. Comece com os dados de temperatura e faça um gráfico usando a idade do gelo como variável independente. Crie um gráfico de dispersão com linhas retas entre os pontos. Lembre-se de que o eixo x se refere a quantos milhares de anos atrás, então o eixo do tempo se move na direção oposta ao que você está acostumado com base em análises anteriores. Esse é o costume de pesquisas que investigam padrões por longos períodos. Ajustar o eixo y tornará os dados mais proeminentes no gráfico.

Para ajudá-lo a se orientar nesses gráficos, resolva as seguintes questões:

a. Você acha que esses dados são uma boa representação das taxas de variação pré-históricas?

b. Estamos atualmente em um período glacial ou interglacial?

c. Quanto tempo dura um período glacial e interglacial?

Glacial:

Interglacial:

4. Adicione uma linha de tendência aos dados de temperatura do testemunho de gelo e observe o valor R^2 . Você acha que esta linha é uma boa representação das taxas de variação de temperatura de longo prazo?

5. A próxima etapa é calcular o que pode ser a taxa de variação mais rápida. Para fazer isso, você deve identificar uma seção de seus dados em que a temperatura está mudando muito rapidamente. Se você passar o mouse sobre um ponto de dados, ele informará os valores de dados para aquele ponto específico. Anote os valores dos pontos de dados no início e no final dos segmentos de período de tempo que você acha que têm as inclinações mais íngremes:

Em seguida, faça um novo gráfico apenas daquele período de tempo e determine a taxa de mudança ajustando uma linha de tendência e olhando para a inclinação.

a. Taxa de variação de temperatura pré-histórica (com unidades). Escreva sua resposta no quadro para compará-la com outras.

6. Para baixar os dados de concentração de dióxido de carbono do testemunho de gelo da Vostok, no site do CDIAC <http://cdiac.esd.ornl.gov/>, "Dados" (Data), selecione "Aerossóis e Gases traços Atmosféricos" (Atmospheric Trace Gases & Aerosols). Em seguida, selecione "Dióxido de Carbono" (Carbone Dioxide (CO₂)). Na próxima página, há um link para 'Vostok, Antártica (Baronla et al.)' (<https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/co2/vostok.html>) Você pode então baixar os dados e convertê-los em colunas do Excel da mesma forma que fez anteriormente. Prepare um gráfico da concentração de dióxido de carbono em função da idade (do gás). Plote a idade (do gás) no eixo x e a concentração de dióxido de carbono no eixo y.

a. De acordo com os dados de concentração de dióxido de carbono dos testemunhos de gelo, durante qual período de tempo ocorreu a maior taxa de mudança na concentração de dióxido de carbono atmosférico? Como essa mudança na concentração de dióxido de

carbono atmosférico corresponde ao que você vê no registro da temperatura do testemunho de gelo?

b. Como as concentrações de dióxido de carbono registradas ao longo do tempo no testemunho de gelo se comparam aos valores atuais de hoje, que você pode ver no site do Mauna Loa?

7. Agora faça um novo gráfico focado apenas em um período de mudança rápida de concentração de dióxido de carbono. Determine a taxa de variação ajustando uma linha de tendência e observando a inclinação.

a. Taxa de variação pré-histórica de concentração de dióxido de carbono atmosférico (com unidades)

8. Compare a taxa de variação natural mais rápida com a taxa de variação moderna. (Lembre-se de verificar se suas unidades são equivalentes).

a. Como a variação atual (ou seja, nos últimos ~ 200 anos) na concentração de dióxido de carbono atmosférico e temperatura global média se compara com variações pré-históricas (ou seja, nas últimas centenas de milhares de anos) nessas variáveis? O que isso sugere sobre se as variações recentes na temperatura são devidas a fatores naturais ou antrópicos (humanos)? É plausível que o aumento recente na concentração de dióxido de carbono atmosférico seja resultado de flutuações naturais e não induzidas pelo homem?