

3-Pressão atmosférica

3-1 O QUE É PRESSÃO ATMOSFÉRICA?

A seguir, abordaremos o tema “pressão atmosférica”, que é um tema muito importante para nós seres humanos habitantes do planeta Terra. Nem sempre nos damos conta disso. Mas acima de nós existe uma quantidade muito grande de fluido. Trata-se do ar, muito precioso para nós. Essa enorme quantidade de ar, acima de nós exerce uma pressão. Essa pressão é conhecida como a pressão atmosférica.

Sabemos que quando mergulhamos cada vez mais fundo na água, no mar, a pressão aumenta. Portanto estamos em relação à atmosfera terrestre na parte mais profunda dela, quando nos colocamos sobre a superfície terrestre.

Trata-se de uma pressão que experimentamos sem, no entanto, nos darmos conta. Esse é um fato interessante, e que resulta do mecanismo de acomodação do nosso organismo ao meio externo. Na aparência, não sentimos essa pressão. Por isso, demoramos tanto a percebê-la. O que foi feito por métodos indiretos.

Essa pressão resulta do fato de estarmos inserido num fluido. Quando mergulhamos na água percebemos facilmente o aumento da pressão à medida que mergulhamos cada vez mais fundo. Por exemplo, sentimos dores no ouvido.

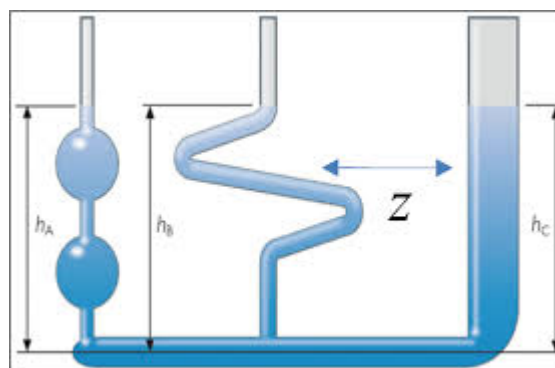


Ao nível do mar, a altura do tubo de mercúrio é de aproximadamente 76 cm de altura do mercúrio (760 mm). O uso do mercúrio nos barômetros é tão comum que, para efeito prático, passou a ser utilizado como unidade de medida de pressão. Assim referimo-nos à pressão como dado pelo número de milímetros de mercúrio. Um milímetro de mercúrio corresponde a uma pressão de 1 Torricelli (1 torr).

A própria pressão atmosférica é utilizada como unidade de medida de pressão (1 atm). Assim,

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 760 \text{ torr} = 101.325 \text{ kPa}$$

Uma demonstração simples de que a pressão só depende da profundidade e não de outras características como, por exemplo, a forma do vaso pode ser realizada colocando-se água num vaso que tem comunicação com outras partes nas quais as formas são as mais diversas. Verificaremos que em todos os ramos dos vasos a altura será a mesma.



A enorme massa de ar existente acima de nós exerce uma pressão sobre todos os seres vivos na superfície terrestre.

À medida que subimos uma montanha, a pressão exercida pelo ar se torna menor, pois o peso do ar se reduziu (a quantidade de ar acima de nós é menor).

Por isso, a grandes altitudes a pressão é bastante reduzida, forçando os escaladores de montanha a tomar precauções.



A pressão atmosférica na superfície terrestre isto é, ao nível do mar, é determinada experimentalmente. É muito mais fácil determiná-la experimentalmente. Seu valor é 101 kilopascals. Portanto é uma pressão nada desprezível. O que é importante chamar atenção aqui é para o fato de que somos adaptados a conviver com essa pressão atmosférica, bastante alta. É claro que se trata de um mecanismo de acomodação do nosso corpo as circunstâncias externas.

É importante estar atento a isso, pois se acaba introduzindo novas unidades de pressão como a unidade denominada atmosfera. Pascal é uma unidade muito pequena. É um 1 Newton sobre uma superfície, uma área de 1 m^2 . Isso é quase nada. A pressão atmosférica é enorme 100 mil vezes. A pressão atmosférica acabou introduzindo outras unidades de pressão.

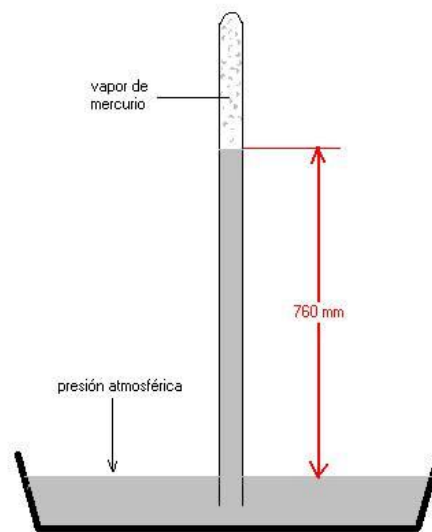
DESCOBRINDO E MEDINDO A PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Foi medida pela primeira vez por Torricelli, em 1643. Ele verificou que a pressão atmosférica faz com que seja possível elevar uma coluna de mercúrio até uma altura que depende da atmosfera local. Ou seja, em 1643, João Evangelista Torricelli, físico italiano, descobriu o barômetro relativamente simples que permitia medir a pressão atmosférica.



<http://fineartamerica.com/featured/1-evangelista-torricelli-italian-science-source.html>

A experiência abaixo é muito fácil de ser realizada. Ela comprova a existência da pressão atmosférica.



cei.santacruz.g12.br/~fisica1/hidrostatica/hidrostatica2.htm

Poucos anos depois o conde de nome Otto Von Guericke estava investigando o vácuo, mas também se pode pensar na pressão atmosférica exercida sobre 2 hemisférios. Ele retirava o ar e prendia os 2 hemisférios. Até hoje o pessoal faz esse tipo de experiência. Parece-me que ele teria utilizado, de acordo com várias figuras, 4 juntas de cavalos. Ou seja, 4 pares de cavalos emparelhados



Hemisférios de Magdeburgo - 1654

Quatro deles exercendo uma força para direita, e 4 deles exercendo uma força para a esquerda. Eles não conseguiam separar os hemisférios por conta da pressão atmosférica. Isso pode ser visto como uma experiência que procurava chamar a atenção para a pressão atmosférica e a força que ela exerce. Como é difícil separar.

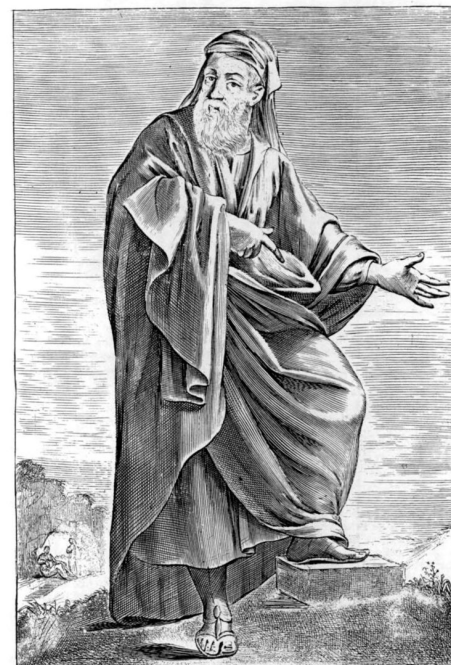
Antes de abordar esse tema, pressão atmosférica, Vamos introduzir o conceito de atmosfera terrestre.

O QUE É ATMOSFERA TERRESTRE?

Entender a atmosfera terrestre demandou milhares de anos. Por que isso?

O fato é que ela foi sendo descoberta aos poucos. Primeiro, alguém descobriu o ar. Trata-se de uma descoberta nada trivial. Ou seja, nos damos conta de que estamos envolvidos, inseridos, no interior de um fluido.

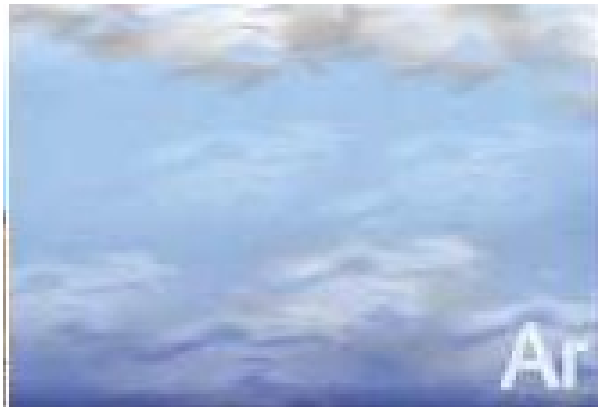
Quem descobriu o ar?



Empedocles.

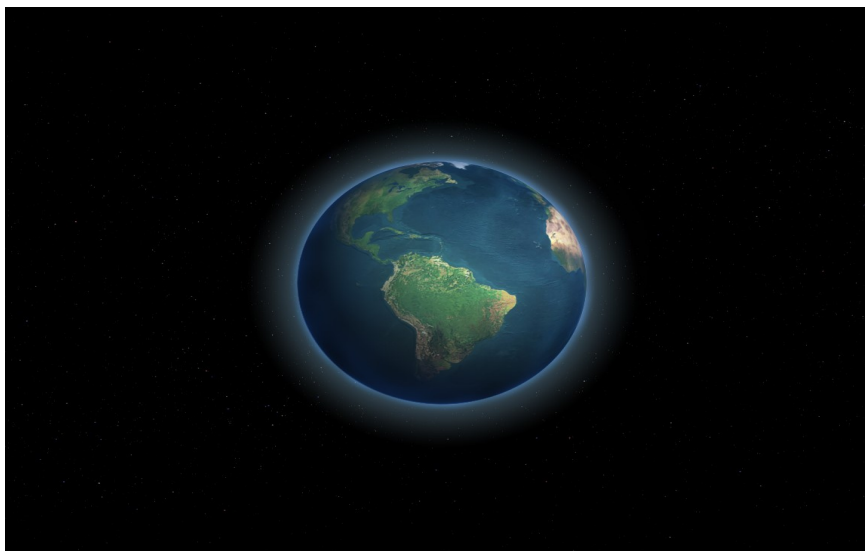
Os quatro constituintes fundamentais, de acordo com Empédocles.

Quero lembrar que no passado quando os filósofos se perguntavam sobre do que tudo é feito, alguns indicavam o ar como um dos elementos. Empédocles defendia a existência de 4 elementos: a terra, o ar, a água e o fogo. Mas já se davam conta da existência do ar. Tudo poderia ser composto, para alguns filósofos como Anaxímenes, pelo ar.



Veja que há 600 anos AC já se pensava nessa questão do ar como sendo uma substância básica, fundamental.

A atmosfera terrestre contém os elementos essenciais para a manutenção da vida no nosso planeta. Especialmente o precioso oxigênio. Ela pode ser pensada como ocupando um espaço acima da superfície terrestre, de aproximadamente 1000 km.



A rigor, a atmosfera terrestre é um gás. Uma grande quantidade de matéria que está acima da superfície terrestre, dizemos acima de nós, e que continuará onde está nessa região em torno do globo terrestre. Acreditamos que ela sempre esteve aí, por conta da atração gravitacional sobre cada molécula do gás.

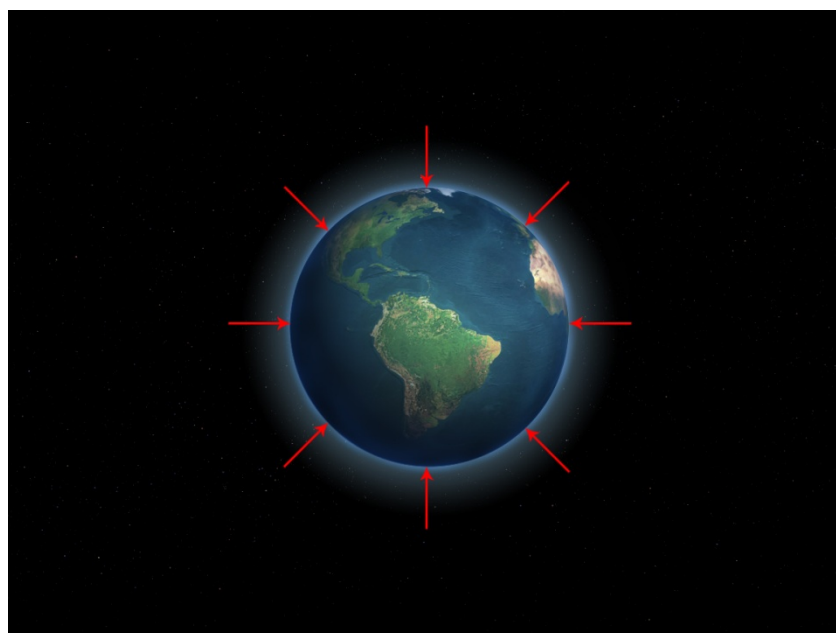
Consideramos a atmosfera terrestre como sendo dividida em seis camadas. A figura abaixo ilustra as diversas camadas do planeta Terra. Cada uma delas exibe propriedades físicas distintas (como temperatura, densidade, pressão, etc.)



As camadas da atmosfera terrestre.

É claro que tendo uma enorme quantidade de massa acima de nós, a força gravitacional exerce uma pressão gravitacional. A pressão atmosférica na realidade ela resulta da pressão gravitacional e assim que vamos calcular essa pressão.

O fato é que a atmosfera terrestre contém moléculas, eventualmente átomos e estes constituintes da matéria existem na forma gasosa. Eles permanecem na atmosfera terrestre por conta da força gravitacional de acordo com a figura abaixo.



De forma que a existência da atmosfera terrestre é uma consequência da atração gravitacional. Levando isso em conta nós poderíamos nos perguntar em relação às moléculas abandonarem a atmosfera terrestre fazendo com que haja uma perda de moléculas. De fato isso pode ter acontecido no passado quando a energia cinética das moléculas atinge um valor bastante alto ela

teria energia suficiente para abandonar a terra. Na verdade aqui o fator importante é a velocidade de escape. De forma que se a nossa atmosfera fosse muito quente, muitas moléculas abandonariam a atmosfera. Hoje se perde muito pouco da atmosfera para o meio externo a ela por que a velocidade das moléculas é inferior a velocidade de escape.

3-2 COMPOSIÇÃO E CAMADAS DA ATMOSFERA

A seguir abordaremos um tema bastante interessante que é procurar entender qual é a composição em termos da constituinte da atmosfera terrestre. Qual é a composição em termos de elementos químicos, em termos de moléculas na superfície terrestre. E a segunda questão é entender que a atmosfera exibe algumas camadas. Em cada camada, nós temos diferentes densidades, pressões, temperaturas e assim por diante.

3-3 A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AR

Este tópico tem uma história muito longa. Credita-se muitas vezes a Aristóteles como sendo o primeiro a se preocupar com essa questão. Isso aconteceu há mais de 2000 anos atrás, 2400 anos atrás.

A grande descoberta de Aristóteles é que a água seria um dos constituintes ou a molécula da água seria um dos componentes do ar. Essa é uma descoberta interessante. Hoje nós sabemos que o ar contém aproximadamente 1% de água no nível do mar. No entanto, no restante, nós temos cerca de 0,4 % de água. Assim, água é um dos constituintes do ar.

Os historiadores, por outro lado, atribuem a Nicholas de Cusa como sendo o primeiro a conseguir medir a porcentagem de água no ar utilizando um higrômetro. Higrômetro relativamente simples. Temos aqui não só uma comprovação da ideia de Aristóteles como também um método para se determinar a porcentagem de água na atmosfera local.

No entanto, descobrir os demais constituintes do ar demorou muito tempo. Mesmo por que alguns elementos foram descobertos milhares de anos depois de Aristóteles. Vamos começar pelo oxigênio. O oxigênio foi descoberto por 2 cientistas independentemente por Carl Scheele, em 1772 e Joseph Priestley em 1774. Mas Priestley foi o primeiro a publicar os seus achados, portanto, muitas vezes se atribui a Priestley a descoberta do oxigênio. Estávamos aqui avançando na teoria atômica da matéria.

Lavoisier foi o primeiro a propor que o oxigênio seria um dos componentes do ar. É claro que isso no contexto da sua descoberta ou da sua explicação para a combustão onde ai se evoca a ideia de que o elemento chave na combustão seria o oxigênio. Consequentemente para alimentar o fogo deveria haver no ar o precioso oxigênio. Precioso para nós.

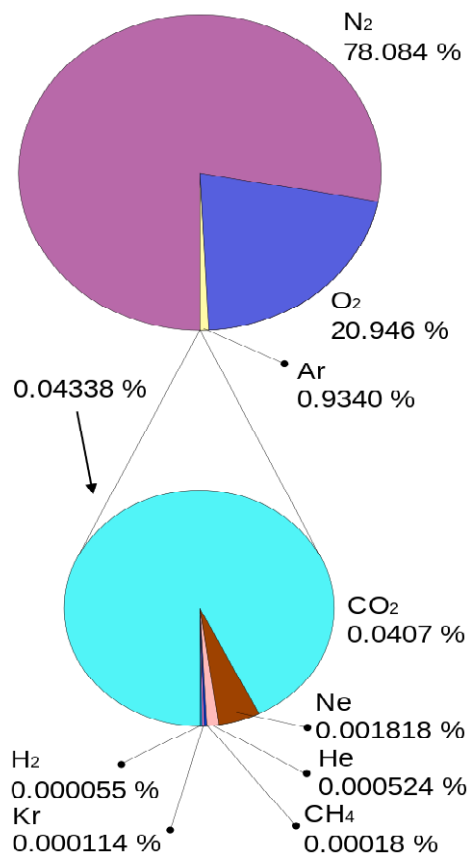
Em seguida, poderíamos falar do nitrogênio que é outro componente importante do ar. Queremos aqui mencionar que Cavendish foi o primeiro cientista a determinar experimentalmente a abundância de nitrogênio no ar. Cavendish não descobriu o nitrogênio, mas ele determinou a

composição ou abundância de nitrogênio no ar. Isso aconteceu em 1783. Isso pouco depois de Lavoisier, no ano aproximadamente de 1779. Portanto, cerca de 4 anos depois. De forma que esses dois elementos, que são os elementos mais importantes acabaram sendo objeto de medidas experimentais no final do século XVIII. Mais de 2000 anos depois da descoberta de Aristóteles sobre o primeiro componente do ar.

O argônio, outro componente do ar, foi identificado e quantificado cerca de 1 século depois da descoberta dos elementos mais abundantes do ar. Isto foi feito por Rayleigh e Ramsey no ano de, aproximadamente. 1892.

Os demais elementos, com menor abundância, são o neônio, o dióxido de carbono, CO_2 , o hidrogênio molecular, hélio. A abundância destes elementos ou dessas moléculas é representada na figura abaixo.

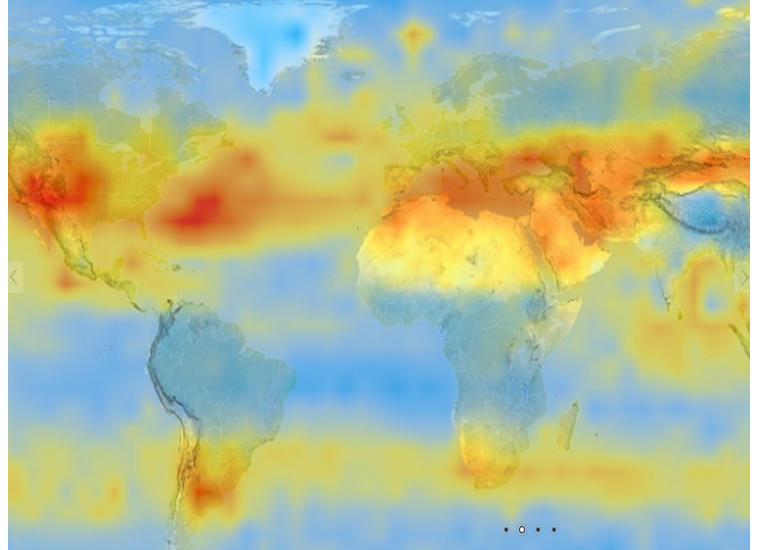
O fato é que a composição química do ar é mutante uma vez que estamos sempre poluindo o meio ambiente e, portanto aumentando a porcentagem de dióxido de carbono.



<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=823817>

O ar é composto, em a maior parte por nitrogênio (78%), e oxigênio quase 21%, seguidos do argônio e do CO_2 , dióxido de carbono. Têm também outros elementos e átomos como neônio, hélio, metano, hidrogênio molecular e assim por diante. É bastante rica a composição da atmosfera terrestre.

A composição química do ar é mutante. E hoje em dia é fundamental acompanhar como as atividades humanas afetam a composição da atmosfera terrestre. Vários laboratórios se dedicam a essa questão.



Estamos constantemente poluindo o ar, dizemos em linguagem simplificada. Hoje temos grupos voltados para investigar essas questões de propriedades físicas e químicas da atmosfera. Temos um grupo no Instituto de Física da USP que estuda os problemas associados à poluição nas áreas urbanas bem como na Amazônia. Hoje é um tema de investigação científica bem importante, pois queremos saber o que vai acontecer com o nosso planeta daqui a 10, 20, 30 anos. Parece-nos que o futuro do planeta Terra, mantidas as condições atuais, não é muito animador.

CAMADAS DA ATMOSFERA TERRESTRE

Existe uma divisão na camada da atmosfera terrestre que leva em conta camadas de transição. Por exemplo, acima da troposfera pode-se falar na tropopausa que é uma camada intermediária entre a troposfera e a estratosfera. Nós não vamos aqui falar das camadas intermediárias. Nós vamos fazer uma divisão das camadas da atmosfera da forma mais simples possível. Abordaremos então apenas 5 camadas começando pela troposfera.

TROPOSFERA

A troposfera é a camada logo acima da superfície terrestre. Ela se estende desde a superfície terrestre até alturas que podem variar de 7 a 17 kms. Esta variação tem haver com a superfície terrestre que não é muito regular. Por exemplo, na superfície terrestre nós temos montanhas altíssimas, como o Everest, no Nepal. É por isso que a sua espessura média é de

aproximadamente 12 kms e pode atingir 17 kms nos trópicos. Ela se reduz para cerca de 7 kms nos pólos.

O que acontece de importante para nós seres humanos, acontece na troposfera. Aqui temos os fenômenos meteorológicos. Estão todos confinados nesta camada. Portanto o clima é determinado essencialmente por essa camada.

É nela onde temos aviões, especialmente aviões comerciais. De forma que ela tem a densidade suficiente para prover ou para possibilitar a existência de uma força de sustentação das asas do avião. As coisas importantes acontecem na troposfera que está logo acima de nós. A troposfera não tem uma densidade uniforme. Ela também não tem uma pressão uniforme. A pressão vai decrescendo à medida que subimos mais e mais. A temperatura também decresce ao longo da troposfera a partir da superfície terrestre. Esta é sem dúvida alguma a camada mais importante para nós, os seres vivos. Cerca de 50% da massa da atmosfera terrestre está concentrada nesta primeira camada. O fato é que ao subir a temperatura cai e o ar vai se tornando mais frio.



Troposfera

A ESTRATOSFERA

A estratosfera é a segunda camada em torno da terra. Grosso modo, ela se estende de digamos, 15 kms e 50 kms acima da superfície terrestre.

O que é interessante é que nesta camada acontece uma coisa curiosa. A temperatura aumenta com a altitude e também ela é caracterizada pelos movimentos do ar em sentido horizontal. Essa é a primeira característica. A temperatura aumenta com a altura diferentemente do que acontece na troposfera. Esse aumento da temperatura ocorre por que nós temos ai um mecanismo de proteção. Porquanto, nessa camada os raios ultravioletas provenientes do sol são absorvidos pela camada estratosférica de ozônio. Ela absorve a maior parte desses raios fazendo com que essa radiação que seria letal, prejudicial a nós seres humanos, não atinge a superfície terrestre. Portanto, temos aqui um mecanismo de proteção para a vida. Porquanto claramente essa

radiação iria prejudicar a vida. Ali encontramos uma concentração muito pequena de vapor d'água

O vapor de água está concentrado essencialmente na troposfera e depois atinge uma temperatura constante até uma região limítrofe que é denominada estratopausa. Como nós não estamos falando dessas camadas intermediárias nós vamos eliminar a descrição da estratopausa. É uma região relativamente calma, estável, sem fenômenos atmosféricos violentos, como aqueles que são observados na primeira camada. É, portanto uma região muito calma e por isso ela também é preferida pelos pilotos de aviões comerciais que procuram fugir de regiões de instabilidade. Por exemplo, balões atmosféricos, balões de uma maneira geral podem utilizar essa camada estratosférica. Acima delas temos uma região de transição que é a estratopausa que se localiza cerca de 22 km acima da superfície onde aí se inicia a camada de ozônio que nos dá proteção.



Estratosfera

MESOSFERA

A terceira camada recebe esse nome mesosfera. Aí é claro como em relação as demais camadas que nada é muito preciso. Ela vai de 50 km acima da superfície terrestre até 85 km. Nessa camada a temperatura volta a diminuir com a altitude como acontece na troposfera e pode atingir temperaturas de -90°C . Uma característica interessante é que nesta camada nós temos a combustão de meteoroides, meteoros. Que eventualmente adentram a atmosfera terrestre. Nesse aspecto, trata-se também de uma camada que nós dá uma proteção.



Mesosfera

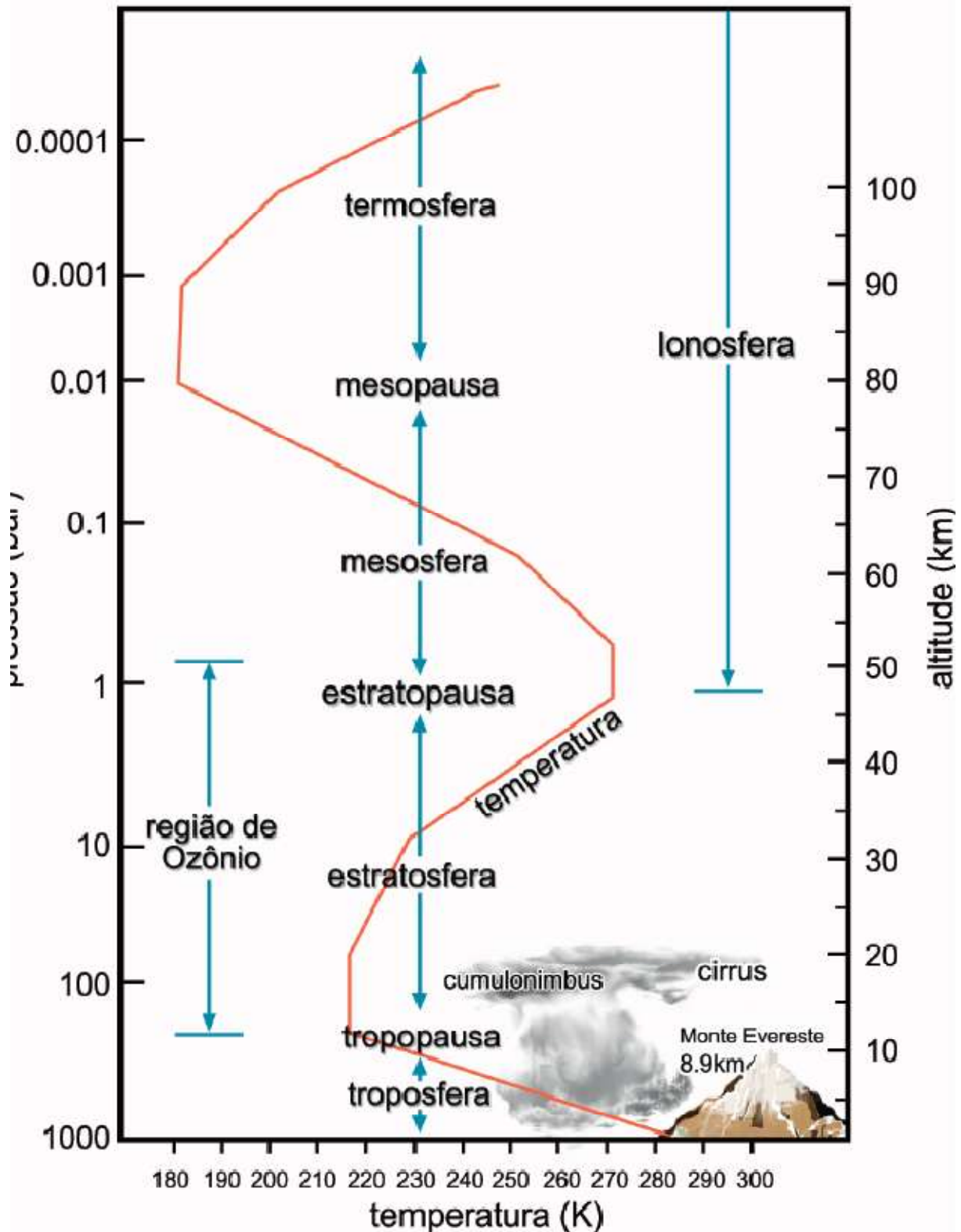
TERMOSFERA

A quarta camada é a termosfera que começa onde termina a mesosfera. A termosfera ela vai de 80 a 90 km acima da superfície terrestre até mais de 650 km. Nessa camada a temperatura aumenta. Então veja que a divisão em camadas leva muito em conta a questão do aumento e a diminuição da temperatura. Ela aumenta de uma maneira rápida. É claro que ela aumenta monotonicamente, com altura, até atingir regiões onde a densidade das moléculas é extremamente pequena. A densidade é muito baixa. A densidade é tão grande que ali esse gás pode ser considerado como um gás livre. É a camada, por outro lado, onde acontecem fenômenos interessantes como as auroras boreais e onde encontramos satélites, bem como o telescópio Hubble, por exemplo. Por que ali praticamente você não tem uma força viscosa, uma força grande que se oponha ao movimento.

Na figura abaixo, nós temos um esquema de como se comporta a temperatura como função da altura. Temos, portanto, variações da temperatura do ar em função da altura e é claro que isso nos permite estabelecer a localização das camadas atmosféricas lembrando primeiramente que o monte Everest tem cerca de 8,9 km. As nuvens são formadas na troposfera. O fato é que a direita nós estamos apresentando a altitude e queremos também destacar que se fala muito em ionosfera. Que pode ser pensado também numa camada que se inicia a partir de 45 km de altura. Ali predominam íons.



Termosfera



Varição da temperatura do ar em função da altura e localização das camadas atmosféricas

3.4 COMPROVANDO, EXPERIMENTALMENTE, A EXISTÊNCIA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Podemos realizar várias experiências simples para comprovar a existência da atmosfera terrestre. A primeira delas é uma experiência relativamente simples. Colocamos água num copo e agora tampamos o copo apenas com um papel. Olha só o efeito da pressão atmosférica - a água não cai mesmo que a gente venha a girar o copo. Essa é uma experiência muito simples de ser realizada.

Na experiência abaixo nós podemos comprovar a existência da atmosfera terrestre fazendo uso de algo plano, uma ventosa. Com essa ventosa a gente pode levantar uma mesa, por exemplo. Mas se grudarmos uma ventosa na outra veja só o que acontece.



https://www.youtube.com/watch?v=H_Z97fjSUVo

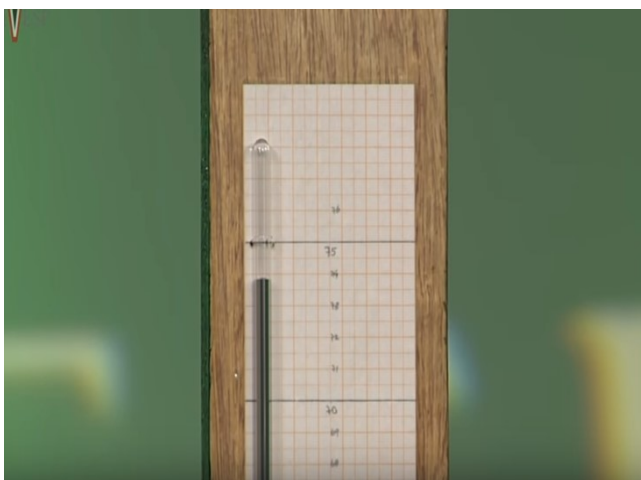
Quero mostrar esse vídeo onde reproduzimos a experiência de Torricelli. É uma forma de medirmos a pressão atmosférica utilizando um barômetro ultra-simples. E tudo que temos que fazer é construir um tubo em u e fazer uso do mercúrio



https://www.youtube.com/watch?v=H_Z97fjSUVo

Temos várias formas de comprovar a existência da pressão atmosférica. No entanto, podemos pensar em outras experiências como veremos depois.

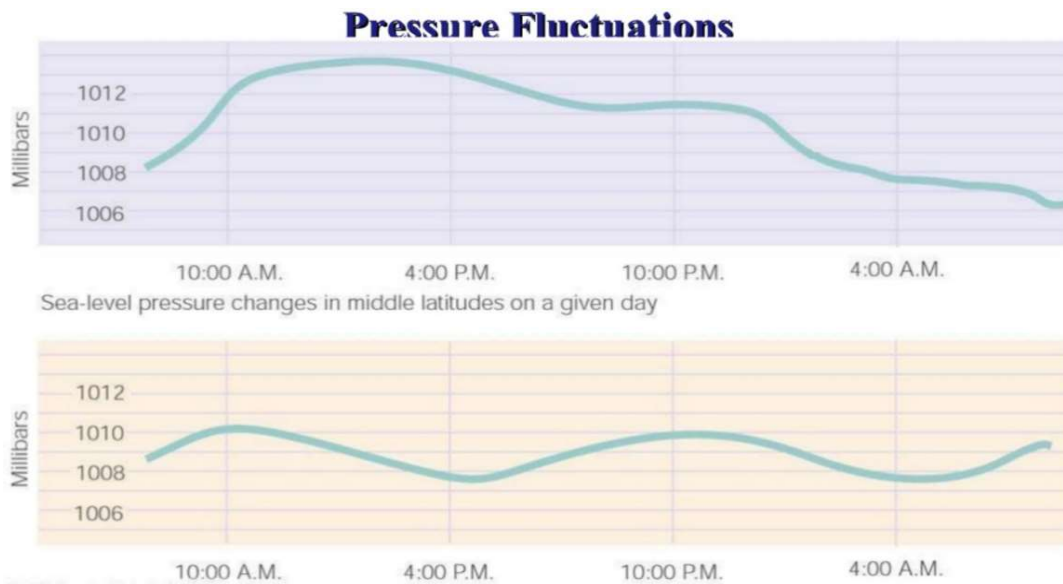
Gostaríamos de chamar a atenção para as figuras abaixo. Nela temos o resultado da atmosfera terrestre utilizando um barômetro bem simples, o de Torricelli. O resultado se expressa por meio da leitura altura da coluna de mercúrio, em geral expressa em milímetros. Podem-se utilizar a unidade centímetros. Mas a melhor leitura seria em milímetros. Usualmente algo como 740, 750, 760 mm de mercúrio. Altura atingida pelo mercúrio no barômetro.



3-5 PRESSÃO ATMOSFÉRICA: ASPECTOS GERAIS

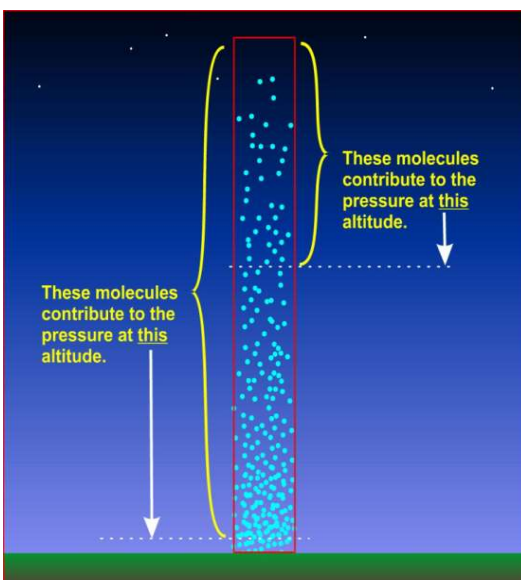
Atmosfera Terrestre, a rigor, não é um problema de hidrostática, pois se trata de um fluido em movimento.

Como sabemos, a pressão atmosférica em cada ponto ela varia ao longo do dia. Acima, no gráfico verá flutuações da pressão em função da hora. O fato é que ela varia. Ela tem basicamente uma variação. Aqui estamos falando sempre em milibars. Quero chamar a atenção para o fato de que a unidade que se usa mais pelos meteorologistas é o milibar. Não é um problema da hidrostática por que ela se move. O fluido exibe uma velocidade em cada ponto. É uma velocidade que depende de cada ponto e também depende do tempo. Isso é importante chamar a atenção.



https://www.slideshare.net/tarang_tarang/winds

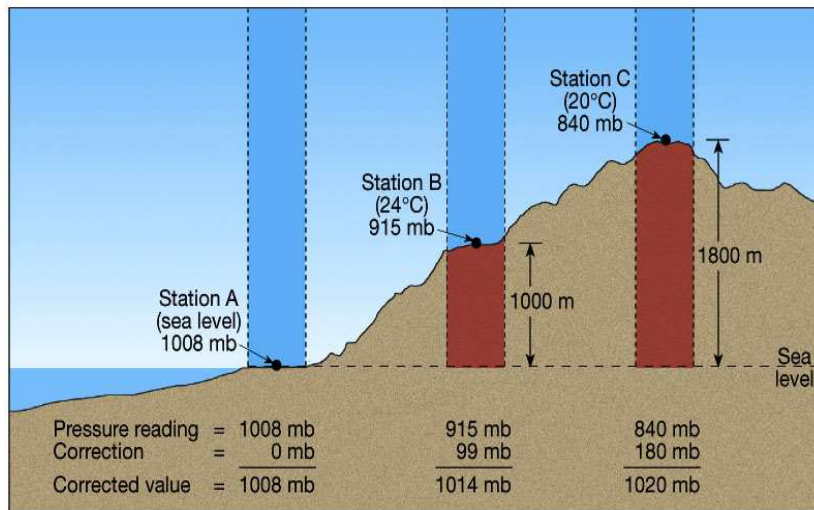
3-5.1 PRESSÃO ATMOSFÉRICA: SUPERFÍCIES ISOBÁRICAS



A pressão atmosférica, como nós sabemos, depende da altitude e isso é simples de ser entendido. À medida que nós subimos temos uma quantidade de ar menor sobre as nossas cabeças. De forma que a pressão gravitacional é menor e agente sabe disso.

Quando os alpinistas praticam o esporte de escalar montanhas eles percebem claramente esse

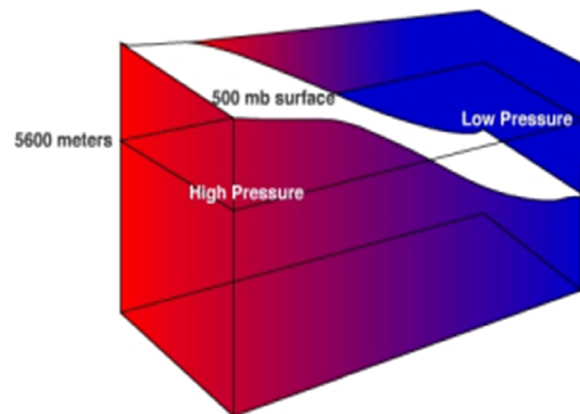
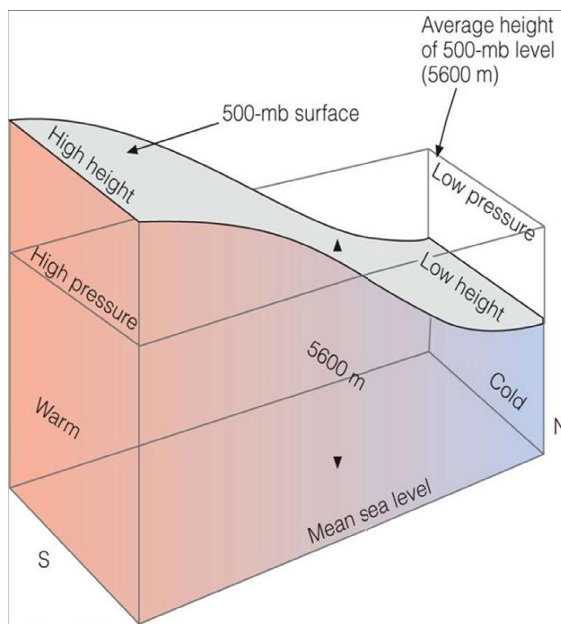
efeito. O fato é que a pressão que normalmente agente diz 760 milímetros de mercúrio é a pressão no nível do mar. À medida que vamos altitudes cada vez maiores essa pressão se reduz. Mas como vemos por essa figura acima, a uma determinada altitude, a quantidade de ar que temos acima de nós é menor. Por isso que a pressão também é menor.



Uma definição importante em relação à pressão de uma maneira geral são

as isobáricas de pressão. O que é uma isobárica?

Isobárica é uma superfície na qual a pressão é constante ao longo daquela superfície.



http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe_3e/circulation/analyzing_pressure_patterns.html

Para a atmosfera terrestre, em geral, utilizamos, muito a isobárica de 500 milibares como referência. Ela tem num determinado dia, e num determinado horário, a forma do desenho acima. Ou seja, a isobárica corresponde à superfície em branco da ilustração. Note-se o detalhe de duas regiões: Uma região de baixa pressão e outra de baixa pressão (aquela do lado esquerdo da figura acima).

3-5.2 CURVAS DE NÍVEL

Uma maneira de agente visualizar as isobáricas ao invés de um mapa tridimensional eu uso um mapa bidimensional. Como fazemos? . Consideramos, primeiramente, diferentes alturas. Por exemplo,

$$z = 5.580\text{m}$$

$z = 5.700\text{m}$ e assim por diante.

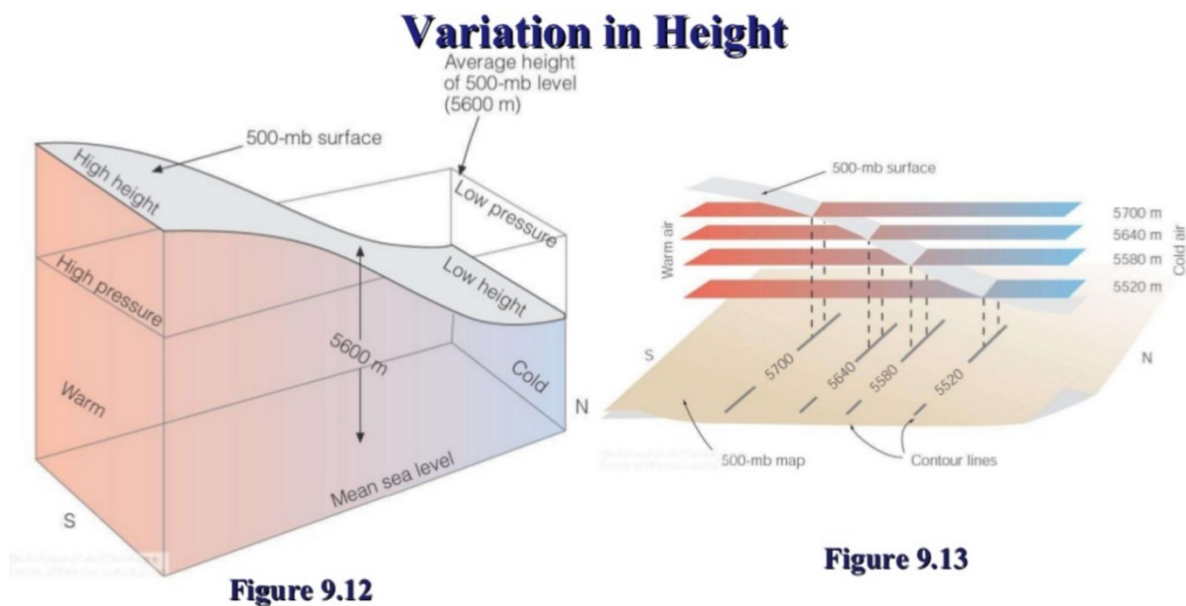
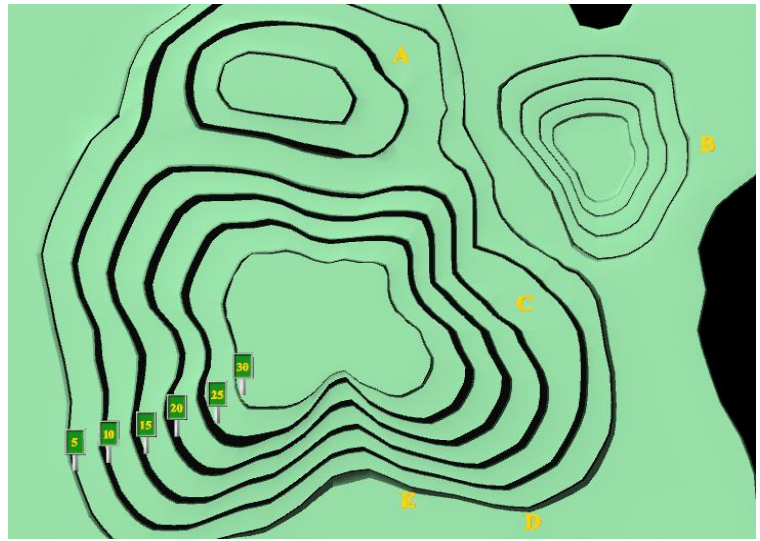
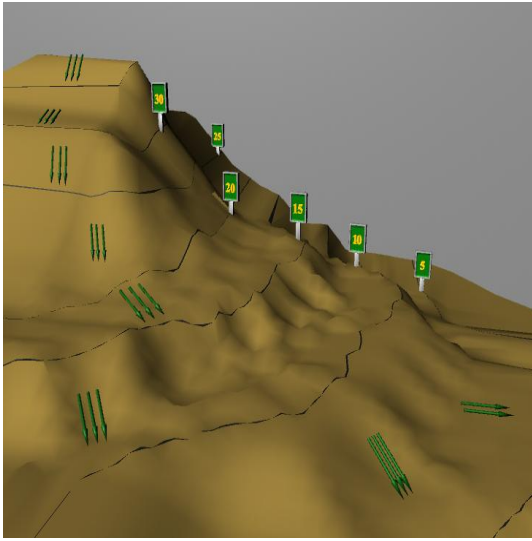


Figure 9.12

Figure 9.13

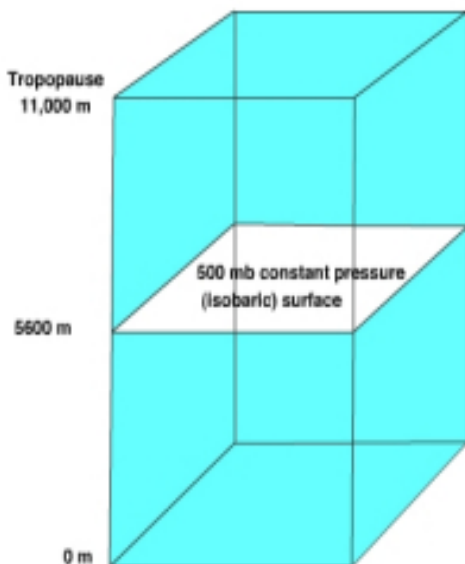
Consideremos a superfície plana $z = 5.700$. Ela cruza uma superfície isobárica. Usualmente se considera essa superfície isobárica como sendo aquela associada à pressão de 500 milibares. O encontro dessas duas superfícies agora corresponde a linhas.

Pode-se entender o conceito de curvas de nível, analisando-se um exemplo extraído da topografia. Considere-se o caso das figuras abaixo. A figura do lado direito representa um mapa bidimensional da topografia do terreno representado à esquerda. Ou seja, a figura da direita representa praticamente um dado de topografia na qual se tem uma montanha que exibe uma superfície em 3D. Se procurarmos o lugar geométrico dos pontos do espaço associado à intersecção dessa superfície com as superfícies correspondentes a diferentes planos ($z = 5$, com $z = 10$, com $z = 15$, com $z = 20$ e assim por diante), vamos encontrar curvas. Olhado de cima nós temos como representar essas curvas num plano. São as ditas curvas de nível. Podemos fazer a mesma coisa em relação à pressão atmosférica.



Curvas de nível na topografia

Abaixo, vemos na figura do lado direito apresentamos as curvas de nível associadas a valores da pressão considerando-se agora a questão da altura. As curvas associadas a determinadas altitudes considerando as isobáricas de 500 milibares. Muitas vezes agente vê essas curvas de nível, esses mapas que na verdade corresponde a essas curvas de níveis para 500 mb, a pressão constante, em sites de previsão do tempo. As isobáricas seriam análogas à superfície da montanha, ilustrada anteriormente . O lugar geométrico do encontro da superfície com um plano é uma linha. Temos abaixo uma representação das curvas de nível da pressão atmosférica



http://www.earthonlinemedia.com/ebooks/tpe_3e/circulation/analyzing_pressure_patterns.html

3-5.3 DENSIDADE DO AR

A densidade do ar na atmosfera terrestre é bastante variável. Na troposfera a densidade é relativamente alta. A densidade média do ar é muito próxima de 1,2

Air Density Table

Temperature °C	Air Density kg/m ³
-20	1.395
-10	1.342
0	1.293
10	1.247
20	1.204
30	1.165
40	1.128
50	1.093
60	1.060
70	1.029
80	1.000
90	0.972
100	0.946

A densidade depende da temperatura. Vamos manter isso sempre em mente.

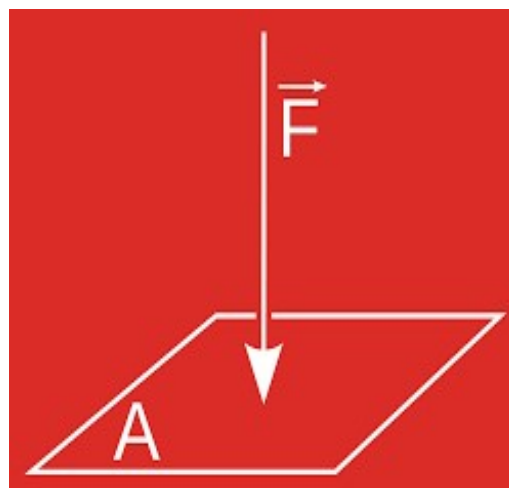
O fato é que próximo da superfície da Terra, a densidade é tal que em cada m³ encontramos um 1 kg de ar. É claro que o mesmo volume da água me daria um valor 1000 maior, uma tonelada. Então isso é relativamente pequeno.

De qualquer maneira, a pressão atmosférica correspondente a uma força peso, equivalentes a uma massa de

10 toneladas

Adotamos a aceleração da gravidade como sendo aproximadamente 10 m/s^2 .

Assim, Num m^2 temos acima de nós equivalente a 10 toneladas. É curioso que nós, seres humanos, nos adaptamos a isso com muita facilidade. Isso parece nem mesmo nos afetar o que não é bem verdade.



3-5.4 ATMOSFERA ISOTÉRMICA

Pode-se fazer previsões sobre a pressão e a densidade da atmosfera recorrendo a modelos, baseados em hipóteses simples. Um deles é conhecido como modelo da atmosfera isotérmica.

A hipótese é que nós temos diante de nós um gás tido como um gás ideal, mantido a uma temperatura constante.

Nessa circunstância, podemos prever uma relação simples entre a pressão e a densidade. Ou seja, a equação de estado dos gases ideais nos leva ao resultado:

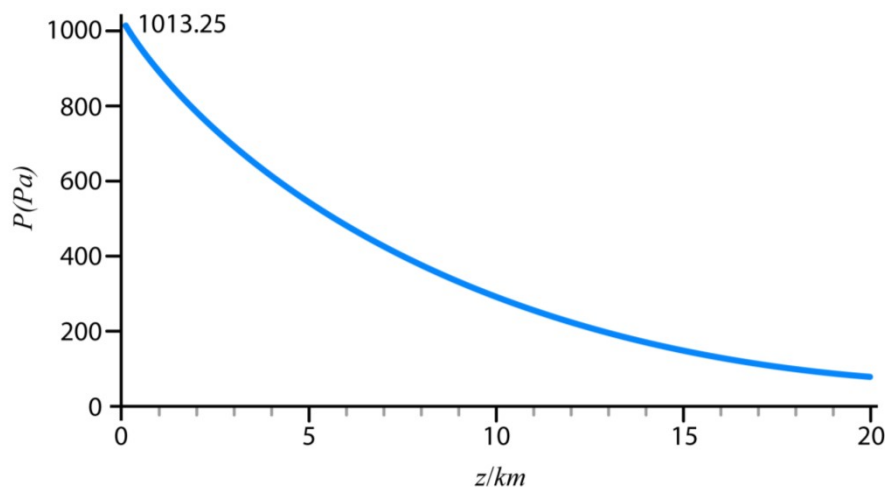
$$P = \rho \frac{kT}{m}$$

Inferimos, então, que a pressão varia com a altura, determinada pela variável z , de acordo com a expressão:

$$P(z) = P_0 e^{-\frac{mgz}{kT}}$$

Onde P_0 é a atmosfera no nível do mar, associado à coordenada $z = 0$ (vide figura 14.13). De acordo com a expressão (14.24), a densidade varia de uma forma análoga à pressão. Ou seja, em função da altura, indicada pela variável z , encontramos o seguinte resultado:

$$\rho(z) = \rho_0 e^{-\frac{mgz}{kT}}$$



No modelo de atmosfera isotérmica, o comportamento da pressão e da densidade é semelhante, e ambos decrescem com a altitude.

z aqui estou considerando, a partir de um determinado ponto, mas eu posso perfeitamente esse ponto como sendo a superfície terrestre. P a pressão nesse modelo, decresce exponencialmente. Tendo em vista a relação entre as duas grandezas a densidade também decresce exponencialmente. Não é bem assim, mas de qualquer maneira é um modelo. Pelo menos lança alguma luz em relação à por que e como a pressão decresce com a altura