



Universidade de Aveiro
Departamento de Física
Dinâmica do Clima

Estrutura Vertical da Densidade Média nos Oceanos

Realizado por:
Elsa Vieira, nº 26297
Rita Soares, nº 31157
Mafalda Morais, nº 31326

Introdução

Densidade

- Parâmetro importante para definir o clima nos Oceanos, visto que a sua estrutura está relacionada com a estabilidade, bem como com os campos 3D da velocidade nos Oceanos;
- Função da Temperatura, Salinidade e da Pressão, $\rho = \rho(T, S, p)$;
- Quantidade de massa por unidade de volume (kg/m^3);
- A densidade da água do mar é importante porque determina a profundidade à qual a parcela de água irá atingir o equilíbrio;
- Em Oceanografia utiliza-se: $\rho - \rho_0$, onde $\rho_0 = 1000 \text{kg/m}^3$ (densidade in situ);

- A temperatura domina as variáveis da densidade oceânica na sua grande maioria (excepto onde as águas superficiais são relativamente doces, devido à alta precipitação ou gelo derretido, isto é, nas altas latitudes e nos trópicos entre a região chuvosa da ICTZ).
- As variações da densidade com a compressibilidade são maiores do que com a expansão térmica e contracção salina (para a gama de valores de Salinidade e a Temperatura observadas nos Oceanos Mundiais).
- Água fria é mais compressível que a água quente, no entanto a água fria torna-se mais densa que a água quente quando são ambas sujeitas à mesma pressão.
- Duas parcelas de água à mesma pressão podem ter a mesma densidade mas diferem na temperatura, e conseqüentemente na compressibilidade.

Densidade Potencial, σ_θ

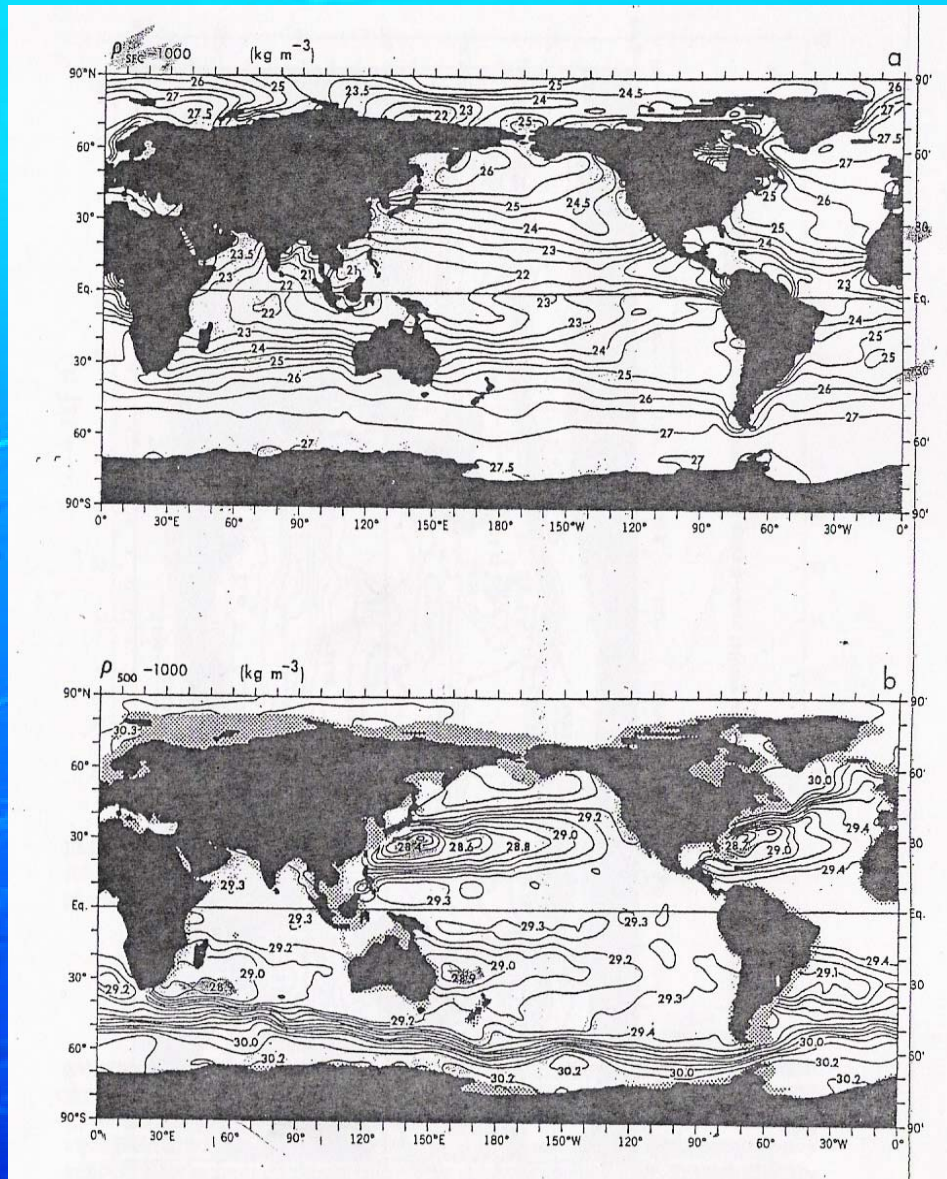
- Enquanto uma parcela de água é comprimida, as moléculas vão-se juntar e a densidade aumenta;
- Compressão adiabática causa o aumento da temperatura, o que desloca muito ligeiramente o aumento da densidade devido à compressão;
- A densidade potencial é a densidade a que uma parcela se move adiabaticamente para uma pressão de referência.

Frequência de Brunt-Väisälä

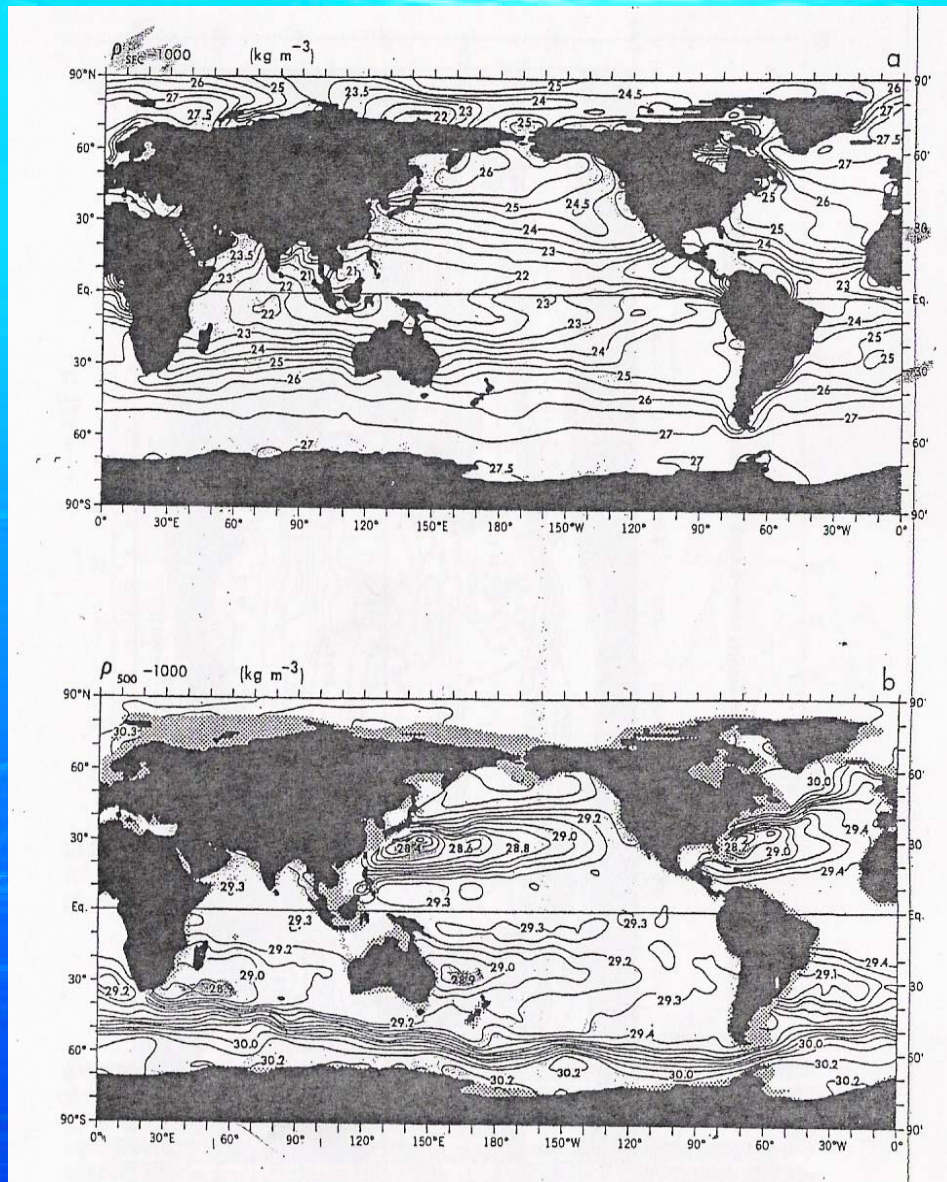
- ➔ A influência da estabilidade é expressa através de uma frequência de estabilidade, N^2 , designada por **Frequência de Brunt-Väisälä**, que quantifica assim a importância da estabilidade.
- ➔ A Frequência de Brunt-Väisälä pode ser interpretada como a frequência do movimento vertical sentido por uma parcela de fluido, que é deslocada da sua posição de equilíbrio, através de uma excitação correspondente a um deslocamento vertical.
- ➔ A Frequência de Brunt-Väisälä é a frequência máxima das ondas internas no Oceano e apresenta valores típicos de alguns ciclos/hora.

$$N^2 = gE \Leftrightarrow N = \sqrt{gE} \quad (\text{Hz segundo ciclo/seg, Hz}) \quad \text{em que } E = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial Z}.$$

Distribuição global da densidade média anual à superfície (a) e aos 500m de profundidade (b)



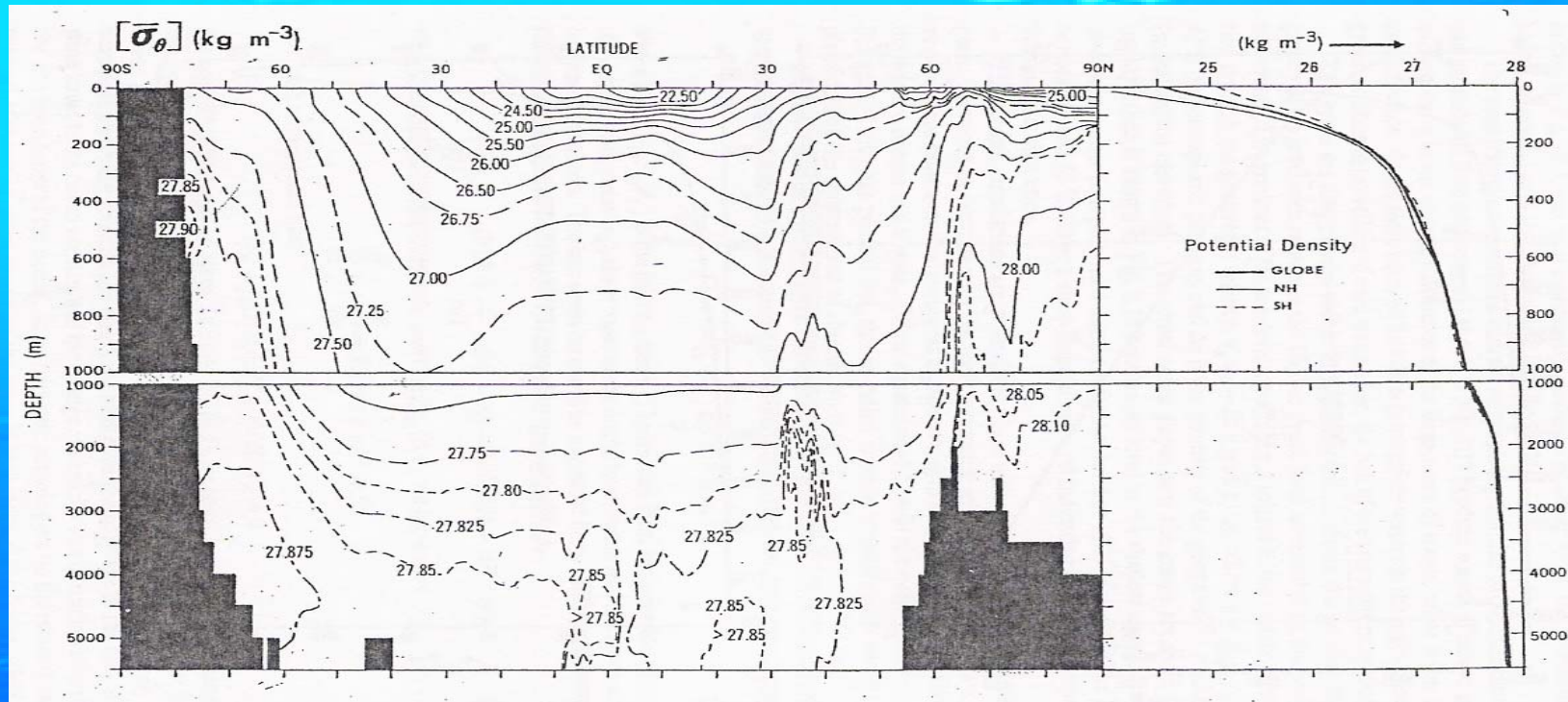
- As características do campo de densidade a uma dada profundidade reflectem os efeitos combinados da distribuição da Temperatura e da Salinidade a essa profundidade.
- À superfície a contribuição da Temperatura para o campo de densidade aparenta ser mais importante do que a Salinidade (excepto para altas latitudes).
- A influência do fluxo de água doce a partir dos grandes rios é também evidente nas regiões equatoriais com os valores mais baixos de densidade observados junto aos continentes.



- A localização do maior gradiente meridional da densidade à superfície é perto dos 30° de latitude em ambos os hemisférios;
- O mínimo de densidades na região equatorial resulta claramente dos valores elevados de temperatura combinados com os baixos valores de salinidade.



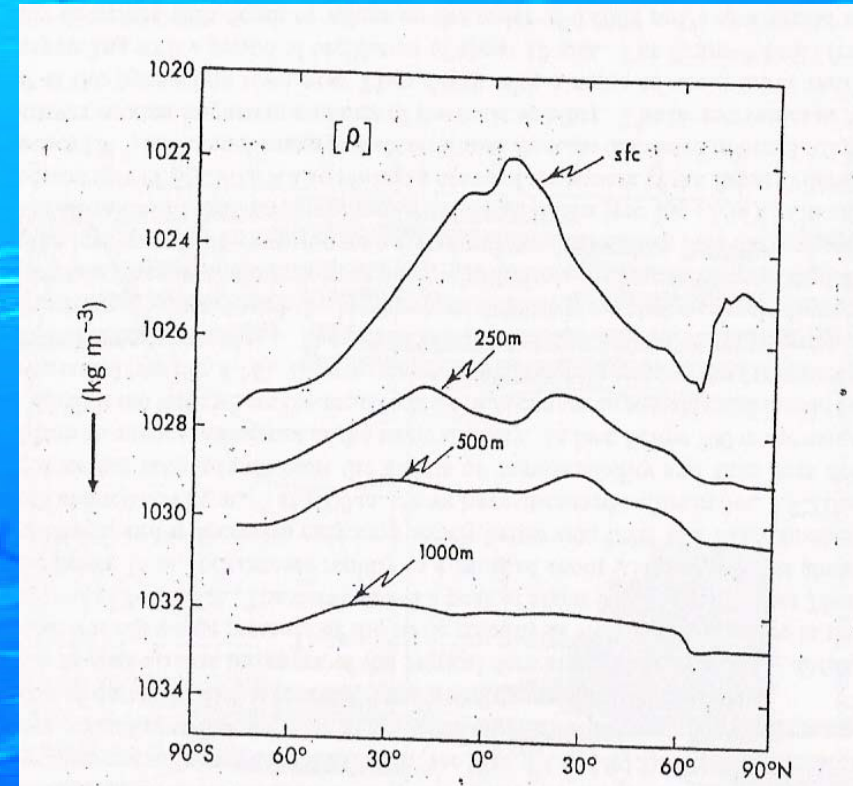
Secção S-N da média zonal de σ_θ dos 0-1000m de profundidade (a) e abaixo dos 1000m de profundidade (b)



- Grande estabilidade no oceano acima dos 1000m em direcção ao Equador (60° de latitude) e mais homogéneo e menos estável abaixo desse nível;
- As poucas áreas com uma inversão fraca no gradiente de densidade ($d\sigma_\tau/dz > 0$) abaixo dos 3000m de profundidade não indica reais estabilidades;
- Os perfis resumem a estrutura global de densidade como avaliada *in situ* a várias profundidades;
- Os gradientes latitudinais diminuem fortemente com a profundidade.

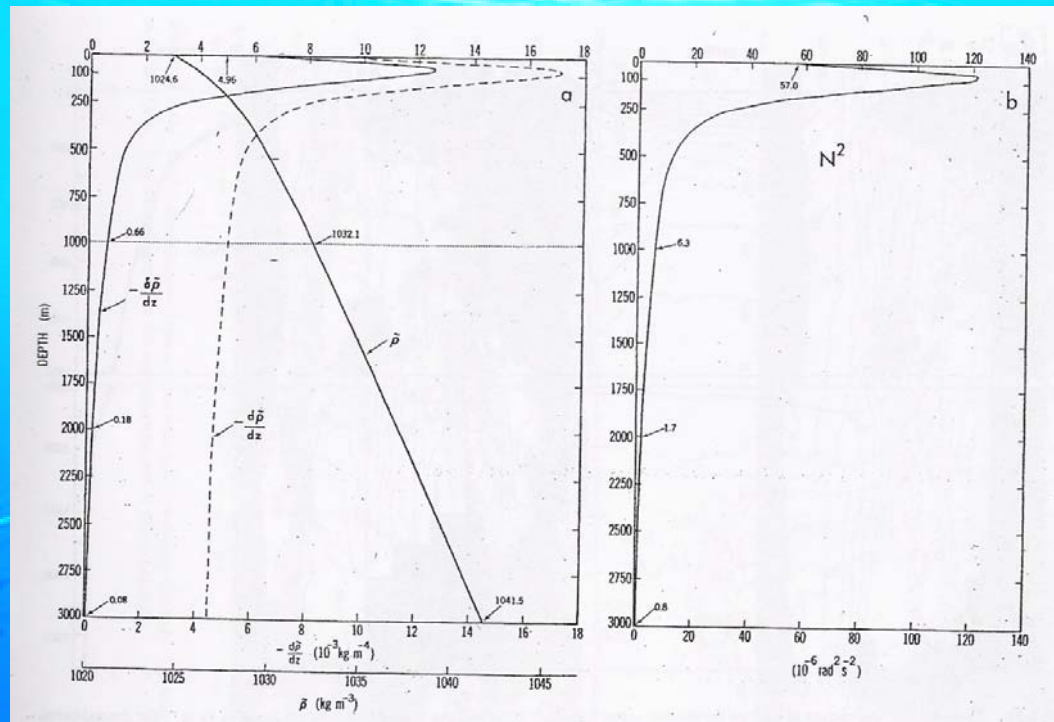
Perfil meridional da média zonal da densidade *in situ* à superfície do mar e a diferentes profundidades

- A densidade aumenta com a profundidade;
- Torna-se mais homogénea com o aumento da densidade;



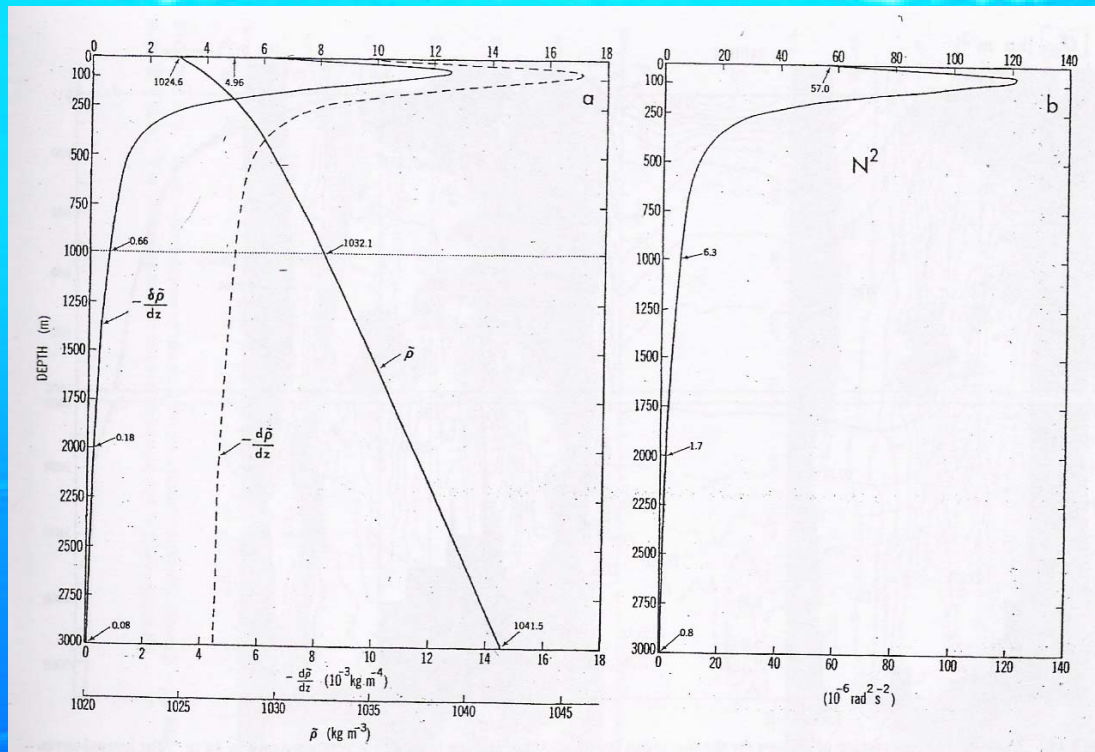
- Temos um mínimo perto do Equador deslocado para Norte (zona chuvosa da ICTZ, logo é menos densa).

Perfil vertical da densidade média global



- A curva $-\frac{d\bar{\rho}}{dz}$ mostra um pico por volta dos 0.017 kg.m⁻⁴ perto dos 75m de profundidade;
- Abaixo desse valor decresce rapidamente até aproximadamente 0.005kg.m⁻⁴ aos 700m de profundidade e decresce mais lentamente abaixo desse nível para um valor cerca de 0.004 kg.m⁻⁴ aos 3000m.

- Rápido aumento com a profundidade nos primeiros 100m associado à diminuição da Temperatura e aumento de salinidade;
- Aumento um pouco mais lento de densidade abaixo dos 700m onde a temperatura e a salinidade do oceano são mais uniformes;
- O aumento quase linear da densidade com o aumento da profundidade abaixo dos 1000m deve-se principalmente à compressão da água com o aumento da pressão da coluna de água acima



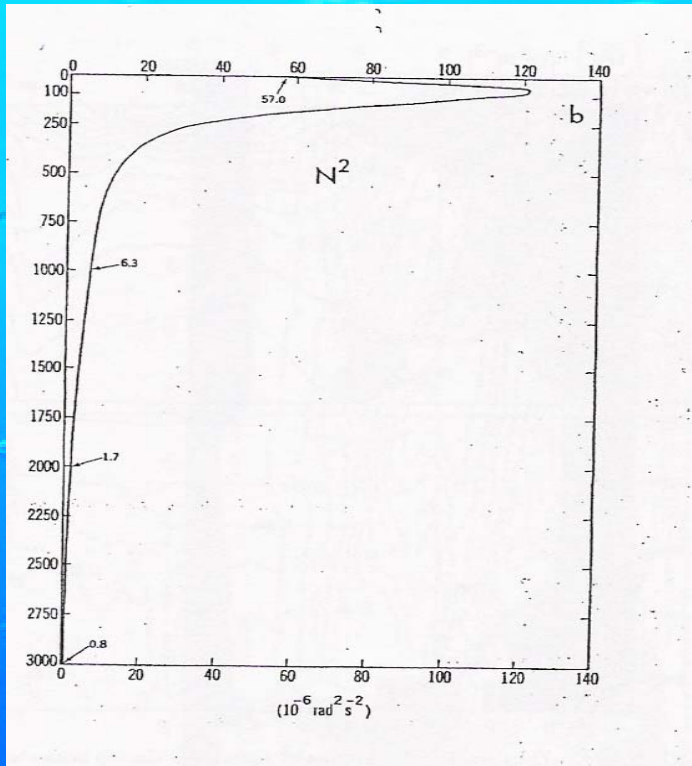
➤ De facto, abaixo dos 700m o valor da variação vertical da densidade é muito grande.

➤ A curva mostra valores muito pequenos da estabilidade local abaixo dos 700m.

➤ Esta curva não tem em conta os efeitos da compressibilidade e também não constitui uma medida adequada da estabilidade estatística.

➤ Uma melhor medida de estabilidade é dada pela curva $-\frac{\delta\bar{\rho}}{dz}$.

Frequência de Brunt-Väisälä



➤ Os valores maiores de N^2 ocorrem no nível da pycnoclina perto dos 75 m de profundidade com um valor a rondar 0.011 rad/s correspondendo a um período de oscilação de cerca de 10 min.

➤ A frequência de Brunt-Väisälä diminui com a profundidade até aos valores da ordem de 0.0009 rad/s ou um período de cerca de 2h no oceano profundo, indicando condições quase neutras de estabilidade nesses níveis.

film

24 de Abril de 2007