

CADERNO DE PROVAS

PROVA PRÁTICA DISCURSIVA

TEMA 1: Disserte sobre os principais sistemas meteorológicos que ocasionam precipitação no Brasil, enfatizando as suas escalas espaciais, temporais e a sua previsibilidade, e focalizando sobre as seguintes áreas:

- Sudeste
- Nordeste
- Sul

TEMA 2: Existe uma grande quantidade de modelos numéricos atmosféricos regionais e globais que são usados operacionalmente nas previsões numéricas de tempo (PNT) e de clima em diferentes partes do mundo. Também, existem centros internacionais que usam modelos acoplados oceano-atmosfera (CGCM) para as previsões de tempo e clima. Outros centros usam modelos ainda mais sofisticados chamados Modelos do Sistema Terrestre (em inglês *Earth System Model-ESM*) para a previsão de clima. Existem muitas diferenças e similaridades entre todos os modelos.

- Mencione pelo menos dois modelos regionais atmosféricos usados em PNT e explique as principais similaridades e diferenças entre esses modelos, focalizando nas partes da dinâmica e nas parametrizações físicas envolvidas.
- Mencione pelos menos dois modelos globais atmosféricos usados em PNT e explique as principais similaridades e diferenças entre esses modelos, focalizando nas partes da dinâmica e nas parametrizações físicas envolvidas.
- Mencione pelo menos um modelo regional de clima e um modelo global atmosférico de clima. Explique as diferenças entre estes modelos e os modelos de PNT.
- Quais são as diferenças entre PNT e previsão climática do ponto de vista de condições iniciais, contornos e previsibilidade?
- Quais são as vantagens e desvantagens de modelos com coordenada vertical pressão, sigma e eta?

TEMA 3: O El Niño/Oscilação Sul (ENOS) é o principal fenômeno de grande escala responsável pela variabilidade interanual do clima de diversas regiões nos trópicos, inclusive da América do Sul. Um índice que normalmente é usado para monitorar este fenômeno é o índice de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Niño-3, mostrado na Figura 1. O correlograma deste índice está ilustrado na Figura 2. Interprete estas Figuras, e discorra sobre as principais características atmosféricas e oceânicas do ENOS, e seus efeitos na América do Sul.

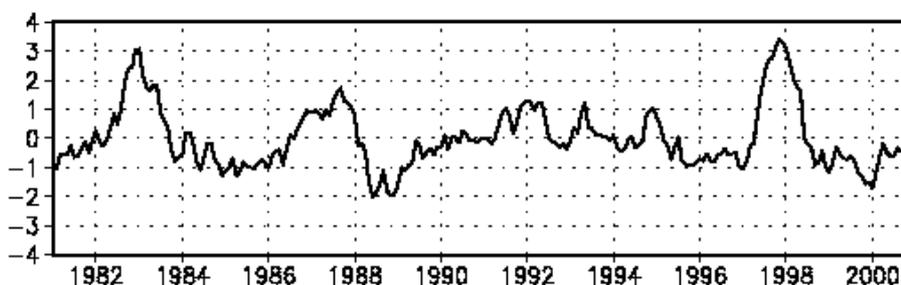


Figura 1: Série do índice de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Niño-3. No eixo-x, o tempo está indicado em anos e, no eixo-y, as anomalias de TSM estão em °C.

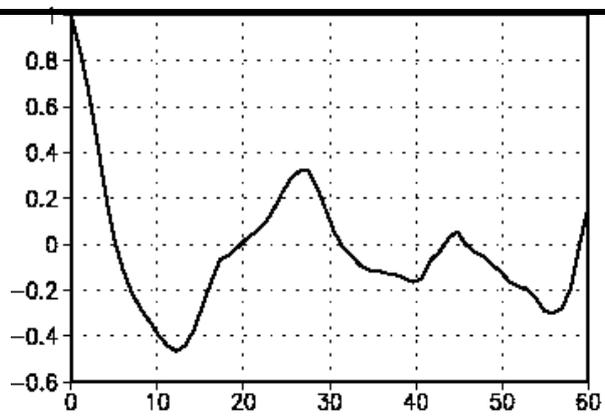


Figura 2: Correlograma da série mostrada na Figura 1. No eixo-x, o tempo está indicado em meses e, no eixo-y, estão os valores de correlação linear.

PROVA OBJETIVA

Na Figura 1 é mostrada uma representação esquemática da Terra em rotação com velocidade angular $\vec{\Omega}$. Onde λ é longitude, φ é a latitude e a é o raio médio da Terra. As coordenadas cartesianas sobre a superfície em rotação são X, Y e Z respectivamente nas direções zonal (direção das longitudes de oeste para leste), meridional (direção das latitudes, de sul para norte) e vertical (direção do raio da Terra). Um sistema de coordenadas inerciais X', Y' e Z' é definido com origem no centro da Terra e com eixos orientados para as estrelas fixas. Os vetores unitários no sistema em rotação X, Y e Z são \vec{i}, \vec{j} e \vec{k} , respectivamente. Assim, um vetor qualquer \vec{A} no sistema em rotação pode ser escrito como: $\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j} + A_z \vec{k}$. A velocidade angular da Terra no sistema não inercial pode ser escrito como $\vec{\Omega} = \Omega(\cos\varphi \vec{j} + \sin\varphi \vec{k})$, onde $\Omega = 7,292 \times 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$.

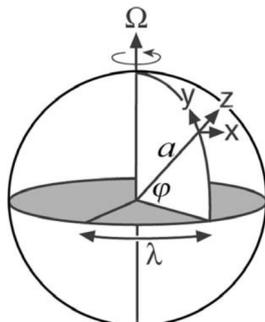


Figura 1

Questão 1: Considere na Figura 1 uma parcela de ar de massa m , a uma altura z , movendo-se devido ao vento sobre São José dos Campos, com velocidade relativa $\vec{v}_r = u\vec{i} + v\vec{j} + w\vec{k}$ e aceleração relativa $\vec{a}_r = \left(\frac{d\vec{v}_r}{dt}\right)_r$ com relação ao sistema não inercial (XYZ). Onde u, v e w são as componentes zonal, meridional e vertical do vento, respectivamente. Qual das seguintes afirmações é correta com relação à essa parcela de ar?

- a) Para um observador em São José dos Campos e para um observador no centro da Terra a parcela de ar tem a mesma velocidade \vec{v}_r .
- b) Para um observador em São José dos Campos a parcela de ar tem uma velocidade \vec{v}_r e para um observador no centro da Terra a parcela de ar está em repouso.
- c) Para um observador em São José dos Campos a parcela de ar tem uma aceleração \vec{a}_r e para um observador no centro da Terra a parcela de ar tem uma aceleração \vec{a}_r + a aceleração centrípeta com relação ao eixo da Terra.
- d) Para um observador em São José dos Campos a parcela de ar tem uma aceleração nula e para um observador no centro da Terra a parcela de ar tem uma aceleração \vec{a}_r + aceleração de Coriolis + aceleração centrípeta.
- e) Todas as afirmações anteriores são falsas.

Questão 2: Na pergunta anterior, considere que o fluido tem uma densidade ρ , uma pressão p e é submetido a diferentes forças, como exemplos, força da gravidade \vec{g} e força de atrito \vec{F} por unidade de massa. As equações para o movimento horizontal (indicado pelo sub-índice h) e vertical da parcela de ar no sistema não inercial e coordenadas cartesianas (XYZ), com certas aproximações podem ser escritas respectivamente como:

$$\frac{d\vec{v}_h}{dt} + f\vec{k} \times \vec{v}_h = -\frac{1}{\rho} \nabla_h p \quad (i)$$

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = g \quad (ii)$$

onde $f = \vec{k} \cdot (2\vec{\Omega})$ e $\vec{v}_h = u\vec{i} + v\vec{j}$.

Com relação às equações (i) e (ii), qual das seguintes afirmações é verdadeira?

- a) Na equação do movimento horizontal, o primeiro, segundo e terceiro termos são respectivamente, aceleração absoluta, forças de Coriolis e de gradiente de pressão por unidade de massa.
- b) Na equação do movimento horizontal, o primeiro, segundo e terceiro termos são respectivamente, aceleração relativa, forças de Coriolis e de gradiente de pressão.

- c) Na equação do movimento horizontal, foram desprezadas a componente meridional da força de Coriolis por unidade de massa e a força de atrito por unidade de massa.
- d) A equação (ii) é a equação hidrostática. Para chegar a esta equação foram desprezadas na equação do movimento vertical, a aceleração vertical e a componente vertical da força de Coriolis por unidade de massa.
- e) A equação (ii) é a equação hidrostática. Para chegar a esta equação foram desprezadas, na equação do movimento vertical, a aceleração vertical e a componente zonal da força de Coriolis por unidade de massa e força de atrito por unidade de massa.

Questão 3: As equações (i) e (ii) da pergunta anterior escritas em coordenada vertical Z, podem ser escritas em coordenadas verticais P (pressão) em função do geopotencial ϕ , como mostradas a seguir:

$$\frac{d\vec{v}_h}{dt} + f\vec{k}x\vec{v}_h = -\nabla_p\phi \quad (\text{iii})$$

$$\frac{\partial\phi}{\partial p} = -\alpha \quad (\text{iv})$$

onde $\alpha = \frac{1}{\rho}$ e $\phi = gz$

Com relação às equações (iii) e (iv), qual das seguintes afirmações é falsa?

- a) Se em (iii) não existe aceleração relativa, então \vec{v}_h é vento geostrófico.
- b) A espessura de uma camada atmosférica pode ser calculada a partir da equação hidrostática (iv).
- c) Se em (iii) não existe aceleração relativa, então \vec{v}_h é perpendicular à força de Coriolis por unidade de massa.
- d) Ao se multiplicar a equação (iii) vetorialmente por \vec{k} sem considerar a aceleração relativa, tem-se a equação do vento geostrófico $\vec{v}_g = -\vec{k}x\nabla_p\phi/f$.
- e) O termo de Coriolis em (iii) pode ser escrito como $f\vec{k}x\vec{v}_h = fu\vec{j} - fv\vec{i}$.

Questão 4: A partir da equação (iii) pode-se deduzir a equação prognóstica da componente horizontal da vorticidade absoluta ($\zeta + f$), onde ζ é a vorticidade relativa e f é a 'vorticidade planetária'. Nesta equação, quando são desprezados os efeitos de atrito, solenoidal e outros, obtém-se a seguinte equação simplificada:

$$\frac{d(\zeta+f)}{dt} = -(\zeta+f)\nabla_p\cdot\vec{v}_h \quad (\text{v})$$

onde $\zeta = \vec{k}\cdot(\nabla_x\vec{v}_h)$

Com relação à equação (iv), qual das seguintes afirmações é falsa?

- a) Para um fluido não divergente a vorticidade absoluta se conserva.
- b) Em uma região de altas latitudes no Hemisfério Norte se a divergência é maior que zero, a magnitude da vorticidade absoluta aumenta.
- c) Em uma região de altas latitudes no Hemisfério Sul, se a divergência é menor que zero (convergência), a magnitude da vorticidade absoluta diminui.
- d) O termo da divergência está relacionado com o estiramento do tubo de vórtice, se $\frac{d(\zeta+f)}{dt} > 0$, este rota mais rápido.
- e) O termo da divergência está relacionado com o estiramento do tubo de vórtice, se $\frac{d(\zeta+f)}{dt} < 0$, este rota menos rápido.

Questão 5: Qual das hipóteses abaixo, para fazer a aproximação Quase-geostrófica (QG) da equação da vorticidade, está errada?

- a) Supõe que o vento real é aproximadamente igual ao vento geostrófico, exceto no termo da divergência.
- b) Supõe que o vento real é aproximadamente igual ao vento geostrófico na advecção horizontal.
- c) Supõe f constante, ou aproximação do plano-f.
- d) Supõe que ζ é igual a vorticidade quase-geostrófica ζ_g .
- e) Supõe que f é constante, exceto onde aparece diferenciado no termo de advecção.

Questão 6: As radiossondas são equipadas com sensores para medir a temperatura, umidade e pressão em diferentes alturas; e são transportadas por balões através de um fio, como mostra a Figura 2. Suponha que se tem um balão de volume V contendo W de peso de gás hidrogênio de densidade D , transportando p de peso de uma radiossonda. Considerando desprezível o peso da parte sólida do balão e do fio, e o volume da radiossonda em comparação ao volume do gás. Qual é a força ascensional do balão? Considere a aceleração da gravidade g , e a densidade do ar ρ . Todas as variáveis estão em unidades do Sistema Internacional (SI).



Figura 2: Balão transportando uma radiossonda

- a) $VDg - (W + p)$
- b) $V\rho g + (W + p)$
- c) $V\rho g - (W + pg)$
- d) $V\rho g - (W + p)$
- e) $VDg - (W + p)g$

Questão 7: Qual das seguintes afirmações está correta?

- a) A temperatura de uma parcela de ar é a medida da quantidade de calor existente nesta parcela.
- b) A temperatura de uma parcela de ar é a medida da energia potencial devido às interações moleculares dos gases contidos nesta parcela de ar.
- c) A pressão é uma quantidade vetorial, pois é igual a força sobre área.
- d) Fluido é uma substância ou mistura de substâncias que se deforma continuamente quando é submetida à uma tensão de cisalhamento.
- e) Uma parcela de ar com alta umidade relativa indica que essa parcela contém muito vapor de água.

Questão 8: Na Figura 3, supor que uma parcela de ar se encontra no ponto A com a temperatura de $10\text{ }^\circ\text{C}$, sobe até o nível de condensação por levantamento no nível B, depois sobe até o topo da montanha e finalmente desce até o ponto E. Qual a temperatura da parcela de ar, em $^\circ\text{C}$, quando esta chega ao nível E? Considere a aceleração da gravidade $g = 10\text{ m/s}^2$, calor específico a pressão constante $C_p = 1000\text{ J/Kg }^\circ\text{C}$ e gradiente adiabático saturado $\gamma_s = -6\text{ }^\circ\text{C/km}$.

- a) 18,0
- b) 17,5
- c) 15,2
- d) 12,0
- e) 10,0

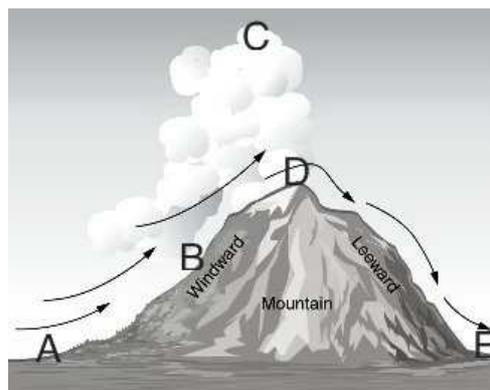


Figura 3: Representação esquemática dos ventos a barlavento (windward) e a sotavento (leeward). Os lados barlavento e sotavento correspondem, respectivamente, aos lados esquerdo e direito da montanha. A formação de uma nuvem convectiva a barlavento é mostrada na figura. Os pontos A e E estão no mesmo nível na base da montanha. Os pontos B e C são os níveis da base e topo da nuvem, respectivamente. D é o nível do topo da montanha. A altura da base e topo da nuvem em relação aos pontos A ou E são 2 e 7 km, respectivamente. E a altura da montanha com relação ao ponto A é 4 km. Adaptado do site da NOAA.

Questão 9: Com relação à Figura 4 abaixo:

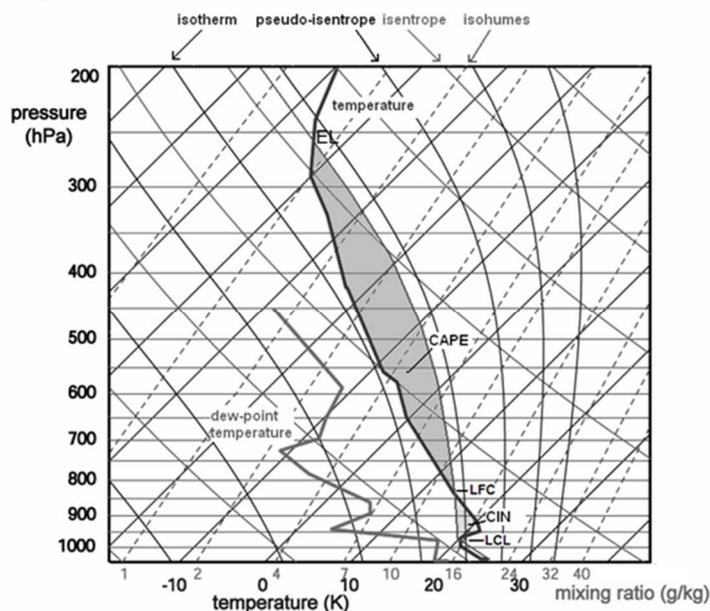


Figura 4: Diagrama termodinâmico SkewT-LogP mostrando os perfis verticais de temperatura do ar (T) (linha mais escura no gráfico), temperatura do ponto de orvalho (T_d) (*dew-point temperature*) obtidos de uma radiossonda. Neste diagrama também podem ser vistas as isolinhas de temperatura potencial ou adiabáticas secas (*isentropes or dry adiabatics*), de pseudo temperatura potencial equivalente ou adiabáticas saturadas (*pseudo-isentropes or moist adiabatics*) e as isolinhas de razão de mistura (*isohumes*). LCL significa nível de condensação por levantamento (*the lifted condensation level*) de uma parcela a partir da superfície, LFC significa nível de convecção espontânea (*the level of free convection*) e EL significa nível de equilíbrio (*the equilibrium level*). CAPE é a energia potencial disponível (*Convective Available Potential Energy*) e CIN é energia de inibição da convecção (*Convective Inhibition energy*). Adaptado de site do Instituto Meteorológico Finlandês (<http://www.estofex.org/guide>).

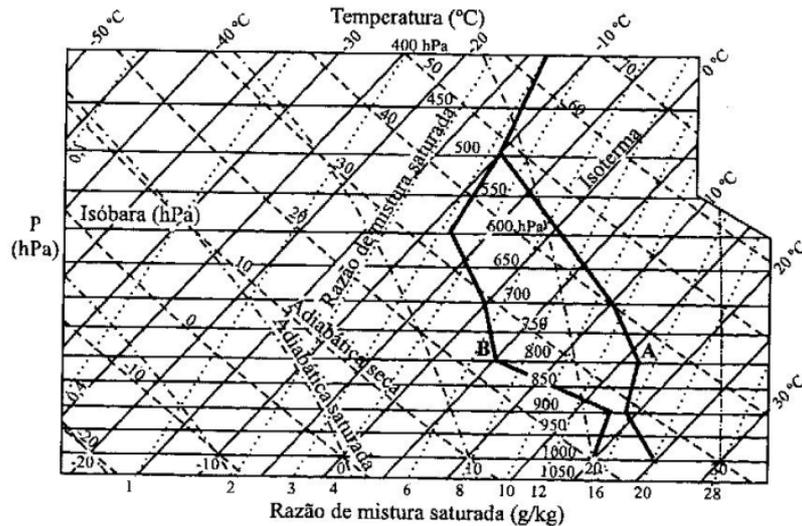
Assinale a alternativa incorreta:

- a) Os valores aproximados da umidade relativa em 900 e 700 hPa são, respectivamente, 43,7% e 42,8%.
- b) Os valores aproximados da umidade relativa em 800 e 600 hPa são, respectivamente, 65,6% e 35,5%.
- c) O valor aproximado da umidade relativa em 900 hPa é maior que 700 hPa.
- d) O nível de convecção espontânea, por levantamento de uma parcela a partir de 1000 hPa fica mais alto do que para uma parcela levantada a partir da superfície, porém o nível do topo da nuvem fica mais baixo.
- e) O valor de CAPE por levantamento de uma parcela a partir de 1000 hPa fica menor do que para uma parcela levantada a partir da superfície, porém o valor absoluto de CIN fica maior.

Questão 10: Acerca dos radares meteorológicos é **incorreto** afirmar que:

- a) O radar meteorológico faz uma amostragem volumétrica de toda a precipitação.
- b) A equação $Z=AR^b$, permite obter uma relação entre a taxa de precipitação (R) e o fator de refletividade.
- c) As relações entre Z - R independem do tipo de precipitação, da estação do ano, da localização geográfica e do tipo de nuvem.
- d) A e b, da equação $Z=AR^b$, são coeficientes pré-determinados e estão relacionados com o tamanho das gotas de precipitação.
- e) O fator de refletividade do radar (Z) depende da distribuição das gotas de chuva dentro do volume amostrado.

Questão 11: Na figura abaixo, considerando que A é a linha da temperatura do ar e B a linha da temperatura do ponto de orvalho, marque a alternativa equivalente à observação correta no diagrama SkelT-logP:

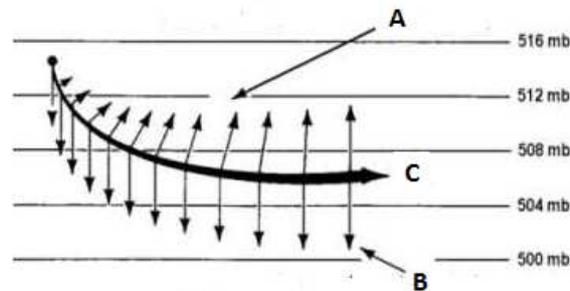


- a) No nível de pressão de 700 hPa, os valores de e e e_s são aproximadamente 2 e 4 hPa, respectivamente.
- b) No nível de pressão de 700 hPa, os valores de e e e_s são aproximadamente 4 e 6 hPa, respectivamente.
- c) No nível de pressão de 700 hPa, os valores de e e e_s são aproximadamente 4,8 e 10,2 hPa, respectivamente.
- d) No nível de pressão de 700 hPa, os valores de e e e_s são aproximadamente 3,8 e 6,8 hPa, respectivamente.
- e) No nível de pressão de 700 hPa, os valores de e e e_s são aproximadamente 6 e 10,1 hPa, respectivamente.

Questão 12: Um dos parâmetros necessários para o cálculo do balanço hídrico de uma região é a Evapotranspiração Potencial (EP), que pode ser estimada por vários métodos. Em uma região que dispõe apenas de dados de temperatura e insolação, os métodos adequados para estimar a EP nessas condições são:

- a) Lisímetro de pesagem mecânica e tanque Classe A.
- b) Blaney-Criddle modificado pela FAO e Hargreaves & Samani.
- c) Métodos diretos e indiretos.
- d) Penman-Monteith-FAO/56 e Makkink.
- e) Penman (1948) e Piche.

Questão 13: Diversas forças atuam em uma parcela de ar em movimento. Identifique na figura seguinte o local de ocorrência do fenômeno representado, bem como as denominações das componentes A, B e C.



- a) Hemisfério Norte, Força do Gradiente de Pressão, Força de Atrito e Velocidade do Vento.
- b) Hemisfério Norte, Força de Coriolis, Força do Gradiente de Pressão e Velocidade do Vento.
- c) Hemisfério Sul, Força de Coriolis, Força do Gradiente de Pressão e Vento Geostrofico.
- d) Hemisfério Sul, Força de Coriolis, Força de Gravidade e Vento Geostrofico.
- e) Hemisfério Norte, Força de Gravidade, Força de Coriolis e Vento Geostrofico.

Questão 14: A linha abaixo representa uma tarefa agendada dentro do crontab do Linux:

Assinale a alternativa que descreve corretamente o comando que deve ser digitado no Linux para que esta linha seja visualizada e qual o seu significado para o Sistema Operacional:

- a) Crontab – e; executa o Shell script chamado teste.sh todos os dias da semana às 3 h.
- b) Crontab – e; executa o Shell script chamado teste.sh todos os dias da semana às 0 h.
- c) Crontab – l; executa o Shell script chamado user.sh todos os dias da semana às 3 h.
- d) Crontab – l; executa o Shell script chamado teste.sh todos os dias da semana às 3 h.
- e) Crontab – e; executa o Shell script chamado teste.sh todos os dias a qualquer hora.

Questão 15: Considerando a equação da continuidade em sua forma clássica e em coordenadas cartesianas, abaixo:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Podemos afirmar que:

- a) Ela foi formulada considerando um elemento de volume infinitesimal e é válida para um fluido incompressível, ou seja, onde $Dp / Dt = 0$.
- b) Ela foi formulada considerando um elemento de volume infinitesimal e é válida para um fluido compressível, ou seja, onde $Dp / Dt = 0$.
- c) Ela foi formulada considerando um elemento de volume de dimensões aproximadas com as da atmosfera e é válida para um fluido compressível, ou seja, onde $Dp / Dt = 0$.
- d) Ela foi formulada considerando um elemento de volume de dimensões aproximadas com as da atmosfera e é válida para um fluido incompressível, ou seja, onde $Dp / Dt = 0$.
- e) Ela foi formulada considerando um elemento de volume infinitesimal e é válida para um fluido compressível, ou seja, onde $Dp / Dt > 0$.

Questão 16: A camada limite planetária é a parte da atmosfera fortemente influenciada pelas interações entre a atmosfera e a superfície abaixo dela. Sobre a camada limite atmosférica é CORRETO afirmar que:

- a) O número de Richardson representa a relação entre as forças inerciais e viscosas, sendo utilizado para definir se o fluxo é turbulento ou não; Turbulência é definida como “movimento irregular” das parcelas do ar nas escalas temporais e espaciais de todo o espectro entre 10^{-3} m e 10^3 m; a promediação de Reynolds utilizada para decompor o vento em uma parte média e outra associada com a flutuação (turbulência).
- b) O número de Richardson representa a relação entre as forças inerciais e viscosas, sendo utilizado para definir se o fluxo é turbulento ou não; Turbulência é definida como “movimento irregular” das parcelas do ar nas escalas temporais e espaciais de todo o espectro entre 10^{-3} m e 10^3 m; o comprimento de Monin-Obuhkov é utilizado para decompor o vento em uma parte média e outra associada com a flutuação (turbulência).
- c) O número de Reynolds representa a relação entre as forças inerciais e viscosas, sendo utilizado para definir se o fluxo é turbulento ou não; Turbulência é definida como “movimento uniforme e regular” das parcelas do ar nas escalas temporais e espaciais de todo o espectro entre 10^{-3} m e 10^3 m; a promediação de Reynolds é utilizada para decompor o vento em uma parte média e outra associada com a flutuação (turbulência).
- d) O número de Reynolds representa a relação entre as forças inerciais e viscosas, sendo utilizado para definir se o fluxo é turbulento ou não; Turbulência é definida como “movimento irregular” das parcelas do ar nas escalas temporais e espaciais de todo o espectro entre 10^{-3} m e 10^3 m; a promediação de Reynolds é utilizada para decompor o vento em uma parte média e outra associada com a flutuação (turbulência).
- e) A temperatura potencial representa a relação entre as forças inerciais e viscosas, sendo utilizada para definir se o fluxo é turbulento ou não; Turbulência é definida como “movimento uniforme e regular” das parcelas do ar nas escalas temporais e espaciais de todo o espectro entre 10^{-3} m e 10^3 m; a promediação de Reynolds é utilizada para decompor o vento em uma parte média e outra associada com a flutuação (turbulência).

Questão 17: Na Zona de Convergência Intertropical, os cinturões subtropicais de alta pressão e a corrente de jato polar estão relacionados, respectivamente, a:

- a) Convergência dos ventos alísios próximo à linha do Equador; ramo descendente das células de Hadley e de Ferrel; descontinuidade entre as células de Hadley e Polar.
- b) Convergência dos ventos alísios próximo à linha do Equador; ramo ascendente das células de Hadley e de Ferrel; descontinuidade entre as células de Ferrel e Polar.
- c) Convergência dos ventos alísios próximo à linha do Equador; ramo descendente das células de Hadley e de Ferrel; descontinuidade entre as células de Ferrel e Polar.
- d) Divergência dos ventos alísios próximo à linha do Equador; ramo descendente das células de Hadley e de Ferrel; descontinuidade entre as células de Ferrel e Polar.
- e) Divergência dos ventos alísios próximo à linha do Equador; ramo ascendente das células de Hadley e de Ferrel; descontinuidade entre as células de Ferrel e Polar.

Questão 18: Temperatura Potencial é uma grandeza bastante utilizada em estudos de perfis termodinâmicos verticais na atmosfera. A equação de Poisson abaixo ilustra a sua definição (considerando que R é a constante molar dos gases e cp é o calor específico do ar à pressão constante):

$$\theta = T \left(\frac{p_s}{p} \right)^{R/c_p}$$

Com base na definição da temperatura potencial e considerando uma atmosfera livre de umidade é CORRETO afirmar que:

- a) Temperatura potencial é a temperatura que uma parcela de ar, a uma pressão p e temperatura T, teria se fosse expandida ou comprimida adiabaticamente a uma pressão p_s. No caso de dθ/dZ < 0 podemos considerar a atmosfera como sendo estável.
- b) Temperatura potencial é a temperatura que uma parcela de ar, a uma pressão p_s e temperatura T, teria se fosse expandida ou comprimida adiabaticamente a uma pressão p. No caso de dθ/dZ < 0 podemos considerar a atmosfera como sendo estável.
- c) Temperatura potencial é a temperatura que uma parcela de ar, a uma pressão p_s e temperatura T, teria se fosse expandida ou comprimida adiabaticamente a uma pressão p. No caso de dθ/dZ = 0 podemos considerar a atmosfera como sendo estável.
- d) Temperatura potencial é a temperatura que uma parcela de ar, a uma pressão p e temperatura T, teria se fosse expandida ou comprimida adiabaticamente a uma pressão p_s. No caso de dθ/dZ < 0 podemos considerar a atmosfera como sendo instável.
- e) Temperatura potencial é a temperatura que uma parcela de ar, a uma pressão p e temperatura T, teria se fosse expandida ou comprimida adiabaticamente a uma pressão p_s. No caso de dθ/dZ > 0 podemos considerar a atmosfera como sendo instável.

Questão 19: A frente fria é definida como uma zona de transição onde uma massa de ar frio substitui uma massa de ar quente. A frente fria é dos principais sistemas que afeta o tempo nas regiões sul e sudeste do Brasil. Em relação a tal sistema, indicar a afirmação incorreta:

- a) Há uma queda da pressão ao nível do mar antes da passagem da frente fria e, aumento após sua passagem.
- b) A frente fria permanece estacionária enquanto os cumulonimbus estão se formando.
- c) As frentes frias se deslocam mais lentamente durante a noite do que durante o dia.
- d) As características de tempo associadas à chegada de frentes frias são formação de cumulonimbus, chuvas fortes, rajada de vento e mudança súbita na direção do vento.
- e) Cumulus Humilis ou cumulo de bom tempo é uma nuvem que surge quando a camada abaixo do nível de condensação é instável e a camada acima deste nível é estável.

Questão 20: Suponha que você está em São José dos Campos e observa nuvens cumulo deslocando-se de nordeste para sudoeste e nuvens alto cumulus deslocando-se de noroeste para sudeste. Pode-se afirmar que:

- a) Na camada entre as nuvens ocorre advecção fria.
- b) Na camada entre as nuvens ocorre advecção quente.

- c) Na camada entre as nuvens não ocorre advecção de temperatura.
- d) O gradiente de temperatura é de noroeste para sudeste.
- e) O gradiente de temperatura é de sudoeste para nordeste.

Questão 21: Considerando que o nevoeiro ocorre quando o ar está com a temperatura abaixo da temperatura de ponto de orvalho, qual das afirmativas abaixo é incorreta:

- a) Nevoeiro de convecção ocorre quando o ar frio desloca-se horizontalmente sobre uma superfície de água mais quente.
- b) Nevoeiro de radiação ocorre quando há um esfriamento radiativo do ar ou do chão.
- c) Nevoeiro de advecção ocorre quando o ar desloca-se horizontalmente sobre o chão mais quente.
- d) Na formação de nevoeiro de radiação a razão de mistura permanece constante.
- e) Nevoeiro de advecção ocorre quando o ar desloca-se horizontalmente sobre o chão mais frio.

Questão 22: Em relação ao potencial de previsibilidade de precipitação no norte e interior do nordeste do Brasil é correto afirmar que:

- a) É alto somente para as anomalias de escala sazonal associadas ao fenômeno El Niño/Oscilação Sul.
- b) É alto para a escala diária.
- c) É alto para escala semanal.
- d) É baixo para qualquer escala de tempo.
- e) É alto para qualquer escala de tempo.

Questão 23: Com relação aos sistemas de tempo tropicais e extratropicais, considere as afirmações a seguir:

- I. A previsibilidade dos sistemas de tempo nos trópicos e extratropicais é muito diferente porque a previsibilidade do tempo é função da taxa de crescimento do erro e do valor de saturação do erro.
- II. O valor de saturação do erro, medido pela variância das flutuações diárias, é menor nos trópicos do que nos extratropicais.
- III. Nos extratropicais, as ondas longas são mais previsíveis do que as ondas curtas.

Dadas essas afirmações, assinale a alternativa correta:

- a) I é incorreta.
- b) II é incorreta.
- c) Somente I é correta.
- d) I, II e III são corretas.
- e) I, II, e III são incorretas.

Questão 24: As variações sazonais dos regimes de precipitação na Bacia Amazônica e Brasil Central decorrem de:

- a) Variabilidade de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico tropical Norte.
- b) Variabilidade de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico tropical Sul.
- c) Variabilidade de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico tropical Leste.
- d) Variabilidade de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico Norte.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Questão 25: Indicar a afirmativa correta:

- a) Um escoamento curvo sempre tem vorticidade.
- b) O vento geostrófico (com f constante) é irrotacional e divergente.
- c) Um fluido homogêneo é sempre barotrópico.
- d) Para escala sinótica a ordem de grandeza da vorticidade é de 10^{-3} seg^{-1} .
- e) A brisa marítima é um fenômeno barotrópico.

Questão 26: Onda de Rossby é o tipo de onda mais importante para processos meteorológicos de grande escala. Qual das seguintes afirmações é falsa?

- a) A variação da força de Coriolis com a latitude causa a onda de Rossby em um fluido barotrópico, sem viscosidade e de profundidade constante.

- b) O gradiente isentrópico do potencial de vorticidade causa a onda de Rossby em uma atmosfera baroclínica.
- c) A propagação para oeste do campo de vorticidade constitui uma onda de Rossby.
- d) A Alta da Bolívia é uma onda de Rossby barotrópica.
- e) A velocidade de grupo das ondas de Rossby pode ser para leste ou oeste.

Questão 27: Suponha que a partir de uma série de precipitação mensal em Fortaleza para um período de 100 anos você queira construir uma nova série de precipitação para esta mesma localidade e período, mas que contenha apenas oscilações interanuais ou mais longas. A primeira sugestão é calcular a precipitação acumulada de março a maio de cada ano, que corresponde à estação chuvosa de Fortaleza, e a nova série seria constituída por estes valores. A segunda é calcular a precipitação média de cada ano, e a nova série seria constituída por estes valores. A terceira sugestão é remover o ciclo anual, removendo-se de cada valor mensal o valor médio mensal, e esta seria a nova série. E a quarta sugestão é remover a média de toda a série. É correto afirmar que uma nova série contendo apenas oscilações interanuais ou mais longas é gerada:

- a) Nas três primeiras sugestões.
- b) Em nenhuma das quatro sugestões.
- c) Em todas as quatro sugestões.
- d) Apenas com a terceira sugestão.
- e) Com a terceira e quarta sugestões.

Questão 28: A energia potencial disponível para convecção (CAPE) aumenta conforme a energia de inibição da convecção diminui (CINE). Esta afirmação está relacionada a qual das afirmações abaixo:

- a) Com o aumento da temperatura e diminuição da umidade na camada limite planetária (CLP) e aumento da estabilidade da atmosfera.
- b) Com a diminuição da temperatura e diminuição da umidade na camada limite planetária (CLP) e aumento da estabilidade da atmosfera.
- c) Com a diminuição da temperatura e diminuição da umidade na camada limite planetária (CLP) e diminuição da instabilidade da atmosfera.
- d) Com o aumento da temperatura e aumento da umidade na camada limite planetária (CLP) e aumento da instabilidade da atmosfera.
- e) Com o aumento da temperatura e aumento da umidade na camada limite planetária (CLP) e aumento da estabilidade da atmosfera.

Questão 29: Em relação a correntes de jato em altos níveis da atmosfera (conforme a Organização Meteorológica Mundial-OMM, 1992), considere as afirmações a seguir:

- I. Uma corrente forte estreita, concentrada ao longo de um eixo horizontal na tropopausa superior ou na estratosfera, caracterizada por forte cisalhamento vertical e lateral de vento e apresentando uma ou mais velocidade máxima.
- II. Seu eixo localiza-se ao longo de uma linha de velocidade máxima e de fortes cisalhamentos horizontais e verticais.
- III. O núcleo da corrente de jato é a linha ao longo da qual as velocidades do vento são máximas tanto na horizontal quanto na vertical.

Das afirmações acima pode-se dizer que:

- a) Somente I é verdadeira.
- b) Somente II é verdadeira.
- c) Somente III é verdadeira.
- d) Somente I e II são verdadeiras.
- e) I, II, e III são verdadeiras.

Questão 30: Considere uma radiossondagem na qual próximo à superfície a temperatura potencial aumenta a uma taxa de $T = 0,012 \text{ } ^\circ\text{C/m}$. Pode-se afirmar que esta região próxima da superfície é classificada como:

- a) Neutra.
- b) Estável.
- c) Instável.

- d) Convectiva.
e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Questão 31: Em episódios de El Niño (EN) pode-se afirmar que a temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial Central e Leste fica mais quente que o normal e:

- a) Diminui a convecção atmosférica nas regiões do Oceano Pacífico Equatorial Central e Leste.
b) A pressão e a convecção na superfície aumentam nos trópicos.
c) Nos trópicos, as anomalias positivas de TSM diminuem os fluxos de calor e umidade para a atmosfera.
d) Diminui a convecção e a precipitação no Pacífico Oeste Equatorial.
e) Nenhuma das alternativas está correta.

Questão 32: Em qual das latitudes abaixo pode-se afirmar que a força de Coriolis tem mais importância, quando considerada a equação de momentum?

- a) 0° de latitude.
b) 30° de latitude.
c) 60° de latitude.
d) 15° de latitude.
e) 20° de latitude.

Questão 33: Considere as afirmações a seguir:

- I. Os ciclones tendem a ser menos intensos que os anticiclones.
II. Os ventos superficiais estão mais próximos do balanço geostrófico nos oceanos que nos continentes.
III. Áreas de precipitação tendem a estar associadas com convergências na baixa troposfera e na alta troposfera.

Com relação às afirmações I, II e III, nesta ordem, pode-se dizer que é correta a sequência:

- a) Falsa, verdadeira e verdadeira.
b) Verdadeira, falsa e verdadeira.
c) Falsa, verdadeira e falsa.
d) Falsa, falsa e verdadeira.
e) Todas as afirmações são verdadeiras.

Questão 34: Considere um experimento meteorológico fictício, no qual uma torre com altura de 300 metros possui sensores de vento e temperatura distribuídos em diferentes níveis como segue:

Altura	Velocidade do vento (m/s)	Temperatura do ar (°C)
10	0	10
30	0	10
60	0	10
100	6	5
150	12	0
200	30	-2
300	60	-10

A partir dessa tabela é possível afirmar que:

- a) A divergência do fluxo de calor sensível é nula nos primeiros 60 metros.
b) A divergência do fluxo de calor sensível em todos os níveis é nula.
c) A divergência do fluxo de calor latente é nula em todos os níveis.
d) A divergência do fluxo de calor latente é nula nos primeiros 60 metros.
e) Todas as alternativas anteriores estão erradas.

Questão 35: Sabe-se que os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis estão associados à circulação anticiclônica da Alta da Bolívia, sendo assim, o que ocorre na região de transição entre eles?

- a) Confluência do escoamento atmosférico, com movimentos verticais ascendentes e estabilidade.
b) Difluência do escoamento atmosférico, com movimentos verticais ascendentes e instabilidade.
c) Confluência do escoamento atmosférico, com movimentos verticais descendentes e instabilidade.

- d) () Difluência do escoamento atmosférico, com movimentos verticais descendentes e estabilidade.
- e) () Confluência do escoamento atmosférico, com movimentos verticais ascendentes e instabilidade.

Questão 36: Das afirmações abaixo, qual é a mais adequada para associar uma descrição sinótica dos bloqueios atmosféricos?

- a) () Anomalia persistente de alta pressão, com deslocamento meridional característico em relação às trajetórias normais médias das perturbações atmosféricas nos trópicos e latitudes médias.
- b) () Anomalia persistente de baixa pressão, com deslocamento meridional característico em relação às trajetórias normais médias das perturbações atmosféricas nos subtropicos e latitudes baixas.
- c) () Anomalia persistente de alta pressão, com deslocamento meridional característico em relação às trajetórias normais altas das perturbações atmosféricas nos subtropicos e latitudes médias.
- d) () Anomalia persistente de baixa pressão, com deslocamento meridional característico em relação às trajetórias normais médias das perturbações atmosféricas nos subtropicos e latitudes médias.
- e) () Anomalia persistente de alta pressão, com deslocamento meridional característico em relação às trajetórias normais médias das perturbações atmosféricas nos subtropicos e latitudes médias.

Questão 37: As figuras abaixo, extraídas do livro Tempo e Clima no Brasil, fazem parte do trabalho de Sinclair (1996) e representam a frequência de ocorrência de ciclogênese na América do Sul em duas épocas distintas do ano, entre 1980 e 1994. As isolinhas estão plotadas a cada 0,5 ciclones por uma área circular de 555 km por mês, com valores de 1,5 e 2,0 destacados. Identifique a alternativa que corresponde à época do ano a que cada figura se refere e cujas argumentações sejam adequadas para explicar o comportamento sazonal:

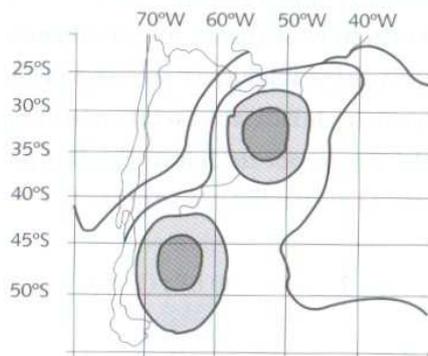


Figura 1

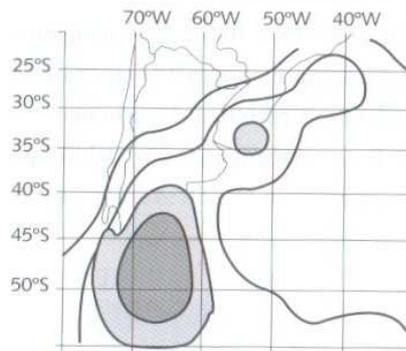


Figura 2

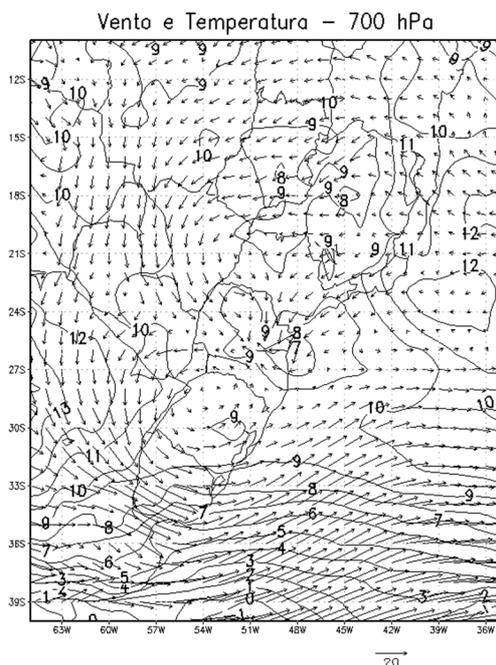
- a) () O máximo no sul da Argentina ocorre durante os meses de verão, quando a baroclinia se desloca para o sul; o máximo sobre o Uruguai ocorre no inverno, relacionado com a topografia da Cordilheira dos Andes. Portanto, a Figura 1 refere-se ao período Maio-Outubro e a Figura 2 ao período Novembro-Abril.
- b) () O máximo no sul da Argentina ocorre durante os meses de inverno, quando a baroclinia se desloca para o sul; o máximo sobre o Uruguai ocorre no verão, relacionado com a topografia da Cordilheira dos Andes. Portanto, a Figura 1 refere-se ao período Novembro-Abril e a Figura 2 ao período Maio-Outubro.
- c) () O máximo no sul da Argentina ocorre durante os meses de verão, relacionado com a topografia da Cordilheira dos Andes; o máximo sobre o Uruguai ocorre no inverno, em função do deslocamento da baroclinia. Portanto, a Figura 1 refere-se ao período Maio-Outubro e a Figura 2 ao período Novembro-Abril.
- d) () O máximo no sul da Argentina ocorre durante os meses de inverno, relacionado com a topografia da Cordilheira dos Andes; o máximo sobre o Uruguai ocorre no verão, em função do deslocamento da baroclinia. Portanto, a Figura 1 refere-se ao período Novembro-Abril e a Figura 2 ao período Maio-Outubro.
- e) () O máximo no sul da Argentina ocorre durante os meses de inverno e o máximo sobre o Uruguai ocorre no verão, ambos em função do deslocamento da baroclinia. Portanto, a Figura 1 refere-se ao período Novembro-Abril e a Figura 2 ao período Maio-Outubro.

Questão 38: A equação da tendência do geopotencial estabelece que a amplificação de cristas e cavados é um efeito que pode ser causado pela:

- a) () Advecção diferencial de temperatura na camada 1000-500hPa.
- b) () Advecção integrada na camada 1000-500hPa.

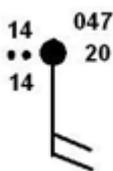
- c) Advecção de vorticidade absoluta no nível de 500hPa.
- d) Advecção de vorticidade relativa no nível de 500hPa.
- e) Variação vertical da advecção de vorticidade absoluta na camada 1000-500hPa.

Questão 39: A figura abaixo apresenta as isotermas e os vetores de vento no nível de 925 hPa para a parte leste da América do Sul para o instante 00Z de 28/02/2012. Considerando a região do Uruguai, da Bolívia e do litoral sul da Bahia, assinale a alternativa que apresenta as interpretações corretas em termos da advecção de temperatura:



- a) Advecção fria (positiva), advecção quente (negativa) e advecção neutra.
- b) Advecção fria (negativa), advecção neutra e advecção quente (positiva).
- c) Advecção quente (negativa), advecção fria (negativa) e advecção neutra.
- d) Advecção quente (positiva), advecção neutra e advecção fria (negativa).
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Questão 40: Considere a plotagem sinótica abaixo e assinale a alternativa que descreve corretamente estas informações:



- a) Temperatura de 20°C; depressão do ponto de orvalho de 14°C; pressão atmosférica ao nível do mar de 1014,0 hPa; tendência da pressão nas últimas 3 horas de 4,7 hPa; vento de sul de 10 nós; céu totalmente encoberto e chuva leve contínua.
- b) Temperatura de 14°C; umidade relativa de 47%; pressão atmosférica ao nível do mar de 1002,0 hPa; tendência da pressão nas últimas 3 horas de 20 hPa; vento de sudeste de 10 nós; céu totalmente encoberto e granizo.
- c) Temperatura de 14°C; temperatura do ponto de orvalho de 14°C; pressão atmosférica ao nível do mar de 1004,7 hPa; tendência da pressão nas últimas 3 horas de 2,0 hPa; vento de sul de 20 nós; céu totalmente encoberto e chuva leve contínua.
- d) Temperatura de 14°C; temperatura do bulbo úmido de 14°C; pressão atmosférica ao nível do mar de 1002,2 hPa; tendência de aumento da pressão nas últimas 3 horas de 4,7 hPa; vento de sul de 20 nós; céu totalmente encoberto e chuva moderada.
- e) Temperatura de 14°C; depressão do ponto de orvalho de 4,7°C; pressão atmosférica ao nível do mar de 1014,0 hPa; tendência de aumento da pressão nas últimas 3 horas de 2,0 hPa; vento de sul de 20 nós; céu totalmente encoberto e granizo.

Questão 41: De acordo com a Teoria Quasi-Geostrófica, definem-se as regiões a oeste e a leste do cavado em 500hPa como sendo, respectivamente:

- a) Região inativa, caracterizada pela atuação dos anticiclones extratropicais e região ativa, com atuação dos ciclones extratropicais.
- b) Região ativa, caracterizada pela atuação dos anticiclones extratropicais e região inativa, com atuação dos ciclones extratropicais.
- c) Região ativa, caracterizada pela atuação dos ciclones extratropicais e região inativa, com atuação dos anticiclones extratropicais.
- d) Região inativa, caracterizada pela atuação dos ciclones extratropicais e região ativa, com atuação dos anticiclones extratropicais.
- e) Região ativa, caracterizada pela atuação dos ciclones extratropicais e região inativa, caracterizada pela atuação dos ciclones extratropicais.

Questão 42: Dentre as equações da Teoria Quase-Geostrófica, a estimativa do movimento vertical pode ser feita através da:

- a) Equação da Tendência do Geopotencial, por meio diagnóstico, através da variação vertical da advecção de temperatura.
- b) Equação de Sutcliffe, por meio prognóstico, através do termo da advecção de vorticidade absoluta.
- c) Equação Omega, por meio prognóstico, através do balanço entre variação vertical da advecção de vorticidade e o laplaciano da advecção de espessura.
- d) Equação do Vetor Q, por meio diagnóstico, através da análise das regiões de convergência e divergência deste vetor.
- e) Equação Omega, por meio diagnóstico, através do balanço entre variação vertical da advecção de temperatura e o laplaciano da advecção de vorticidade.

Questão 43: Os jatos em altitude estão presentes em níveis elevados da atmosfera, mas sua formação e manutenção são bastante distintas. Assinale a alternativa que apresenta os mecanismos correspondentes, respectivamente, ao jato polar a ao jato subtropical:

- a) Gradiente de temperatura, para ambos.
- b) Gradiente de temperatura e divergência do ramo ascendente da célula de Hadley.
- c) Divergência do ramo ascendente da célula de Ferrel e gradiente de temperatura.
- d) Divergência do ramo ascendente da célula de Hadley e divergência do ramo ascendente da célula de Ferrel.
- e) Divergência do ramo ascendente da célula de Hadley e gradiente de temperatura.

Questão 44: Intensas velocidades do vento horizontal em níveis elevados da atmosfera estão associadas a contrastes horizontais de temperatura nos níveis inferiores. Denominados jatos em altitude, ou jato de altos níveis, estes escoamentos apresentam regiões de máximas intensidades e podem induzir movimentos verticais em suas adjacências. Assinale qual das alternativas abaixo descreve corretamente a configuração das regiões com movimentos ascendentes no Hemisfério Norte e descendentes no Hemisfério Sul:

- a) Do lado nordeste do núcleo de jato, assim como na região a sudoeste do mesmo.
- b) Do lado sudoeste do núcleo de jato, assim como na região a nordeste do mesmo.
- c) Em toda a porção a oeste do núcleo de jato.
- d) Em toda a porção a leste do núcleo de jato.
- e) Somente no lado sudeste do núcleo de jato.

Questão 45: Dada a equação para o componente vertical da vorticidade (ζ) simplificada para escala sinótica em latitudes médias, onde \vec{V} é o vetor velocidade e f parâmetro de Coriolis:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} \approx -(\vec{V} \cdot \vec{\nabla})(\zeta + f) - f(\vec{\nabla} \cdot \vec{V})$$

Assinale a alternativa correta:

- a) () A partir desta aproximação, considerando que a advecção de vorticidade é pequena em níveis médios e altos, existe um quase balanço entre a variação local de vorticidade e o termo de divergência.
- b) () Para obter esta aproximação, apenas os termos solenóide e de inclinação da equação da vorticidade em coordenada vertical de altura foram desprezados.
- c) () A partir desta aproximação, considerando que em níveis médios e altos a variação local de vorticidade é pequena, existe um quase balanço entre a advecção de vorticidade e o termo de divergência o que explica a divergência de massa a leste dos cavados e convergência a leste das cristas.
- d) () A partir desta aproximação, como em níveis médios e altos a variação local de vorticidade é pequena, existe um quase balanço entre a advecção de vorticidade e o termo de divergência o que explica a convergência de massa a leste dos cavados e divergência a leste das cristas.
- e) () Esta aproximação é obtida considerando que o parâmetro de Coriolis é pelo menos uma ordem de grandeza maior que a vorticidade relativa e desprezando apenas o termo de inclinação da equação da vorticidade.