

Diagrama Skew-T

Lecture 9

Diagramas Skew-T Log P

- Sondagens verticais (radiossondas) fornecem informações importantes sobre:
 - Estabilidade
 - Camadas de umidade e nuvens (possível formação de gelo)
 - Vento (direção e velocidade)
 1. Cisalhamento vertical (possível turbulência de céu claro - CAT)
 2. Camadas de advecção térmica

Diagramas Skew-T Log P

- A altura da tropopausa juntamente com a direção do vento podem ser usados para inferir a posição da estação em relação aos cavados e as cristas no ar superior
- Estrutura das massas de ar
- Frentes (baseado na taxa de variação vertical de temperatura e dados de vento)

Diagrama Skew-T Log P

Pressão
(linhas
horizontais)

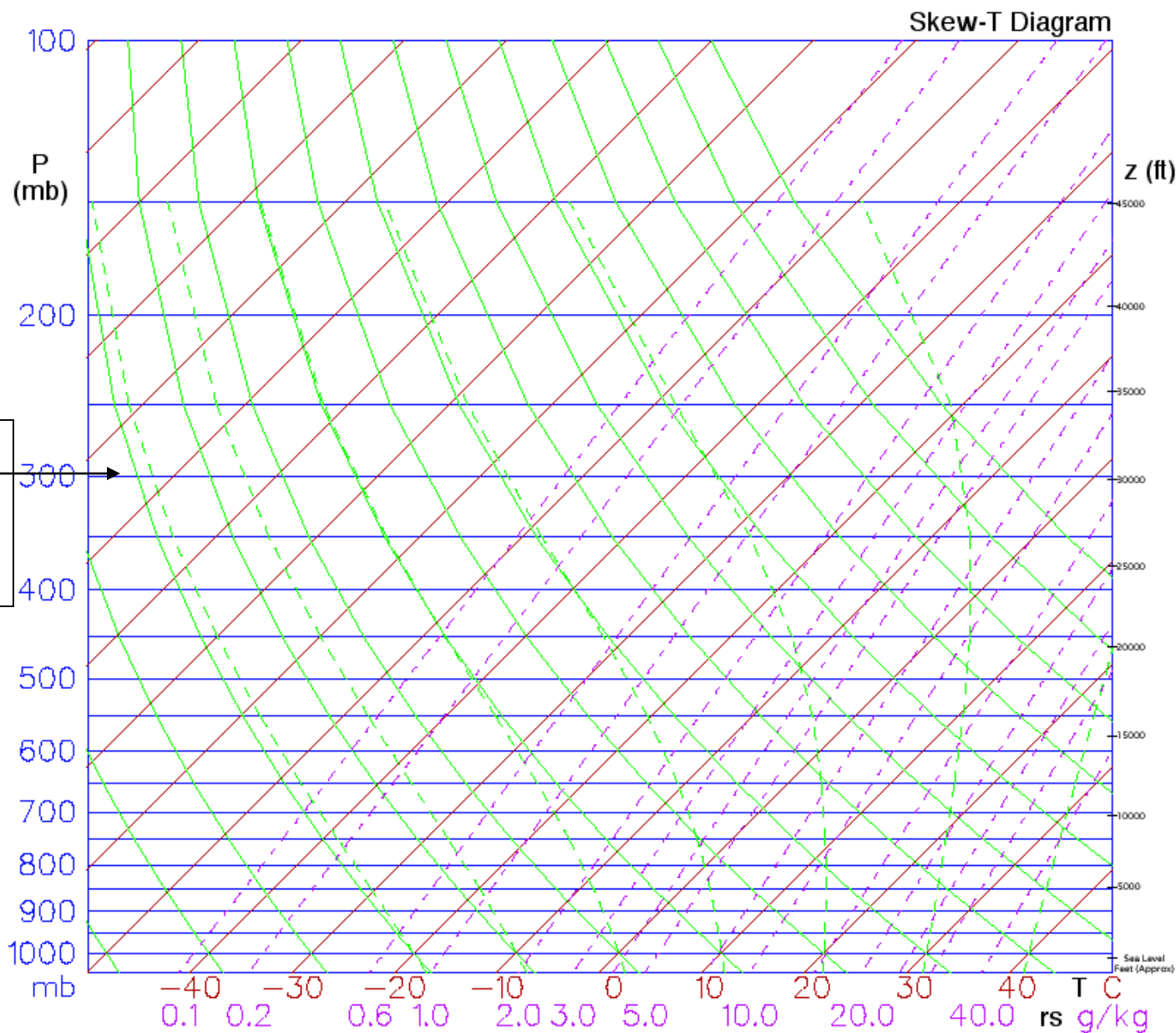


Diagrama Skew-T Log P

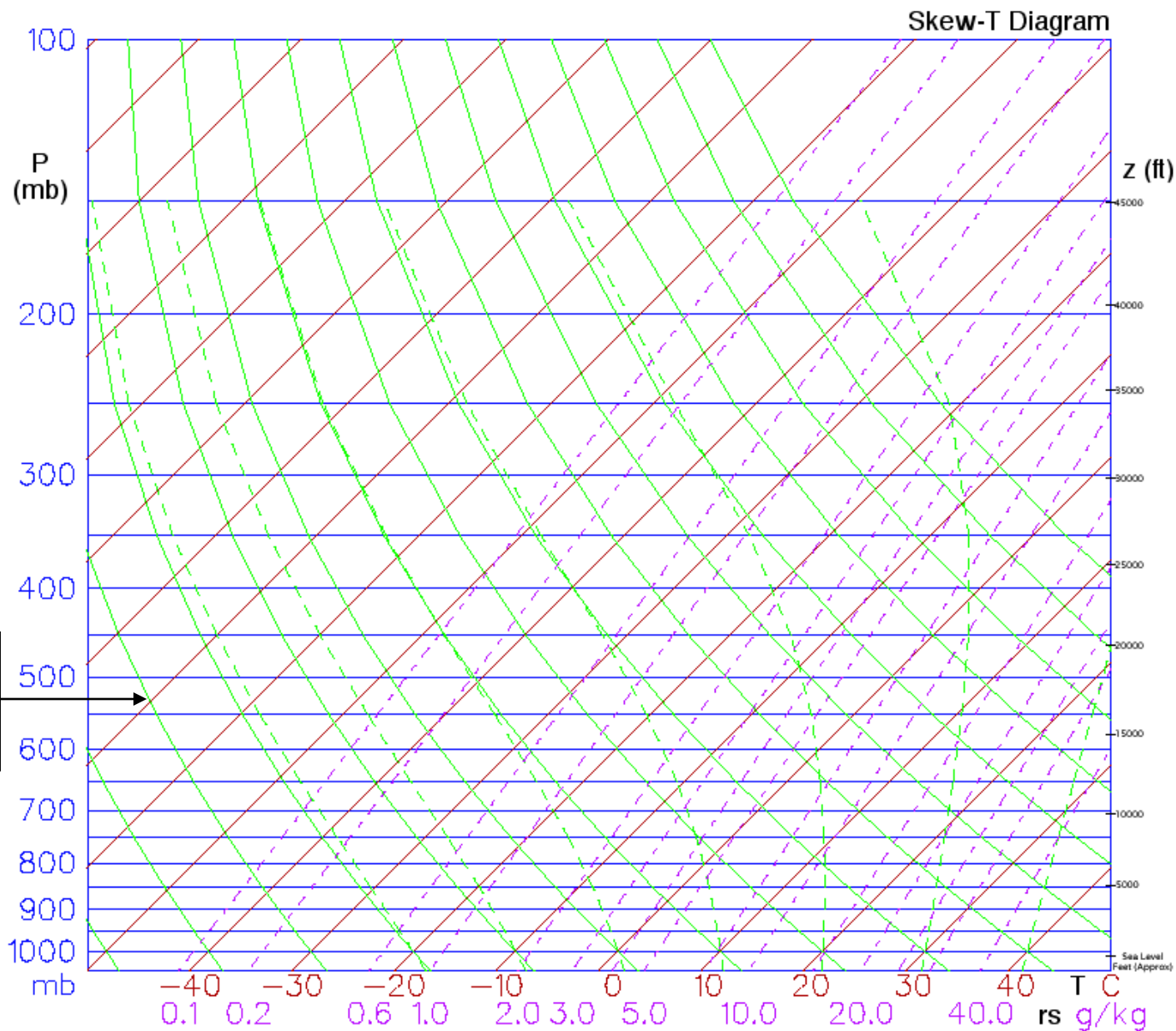


Diagrama Skew-T Log P

Razão de mistura
(w)= M_v/M_d ,
geralmente
expressada em
g/kg. A razão de
mistura é maior
nas massas de ar
umidas e menor
nas massas de ar
polar (secas e
frias).

Razão de mistura
(linhas diagonais
tracejadas) em g/kg

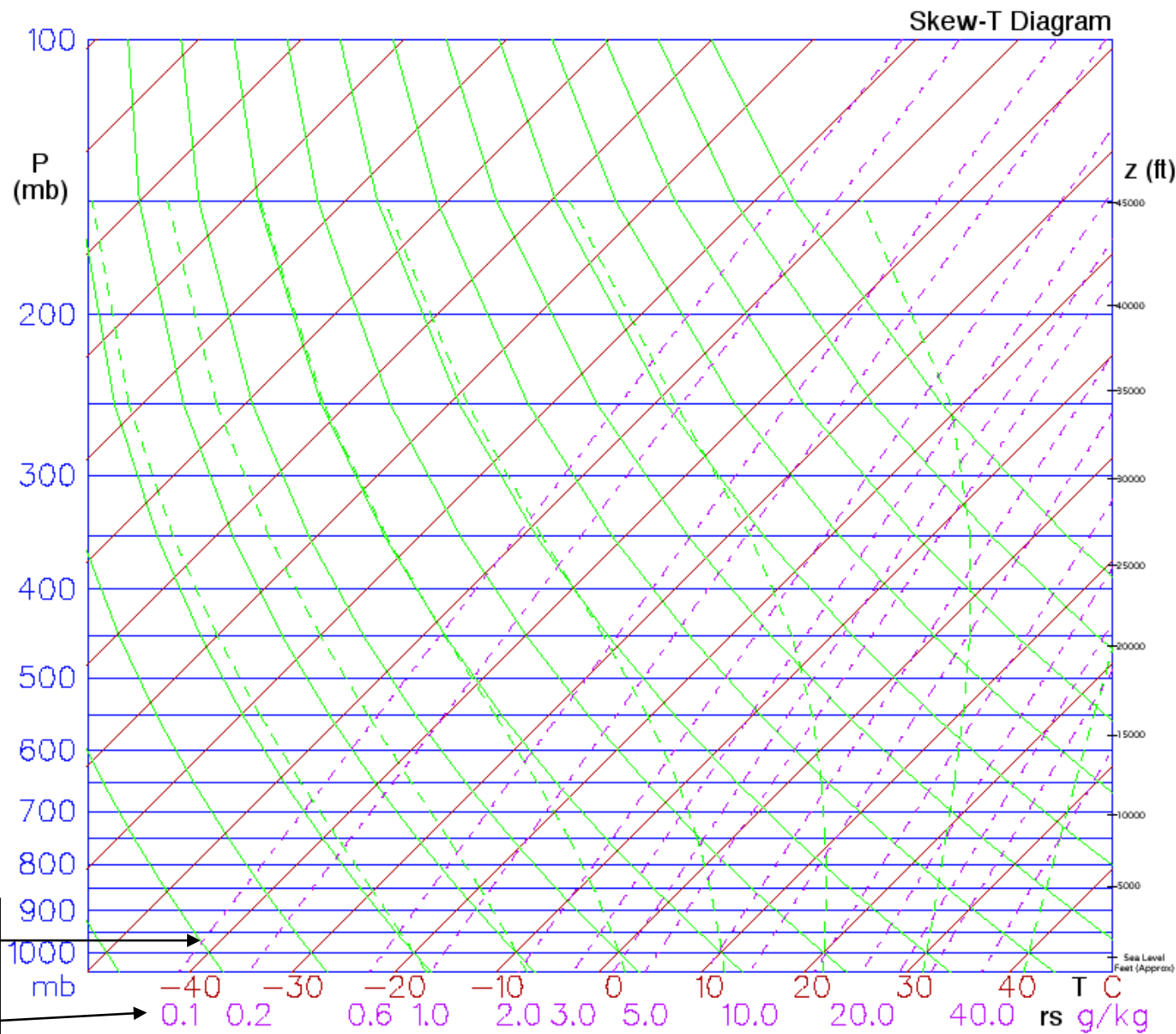
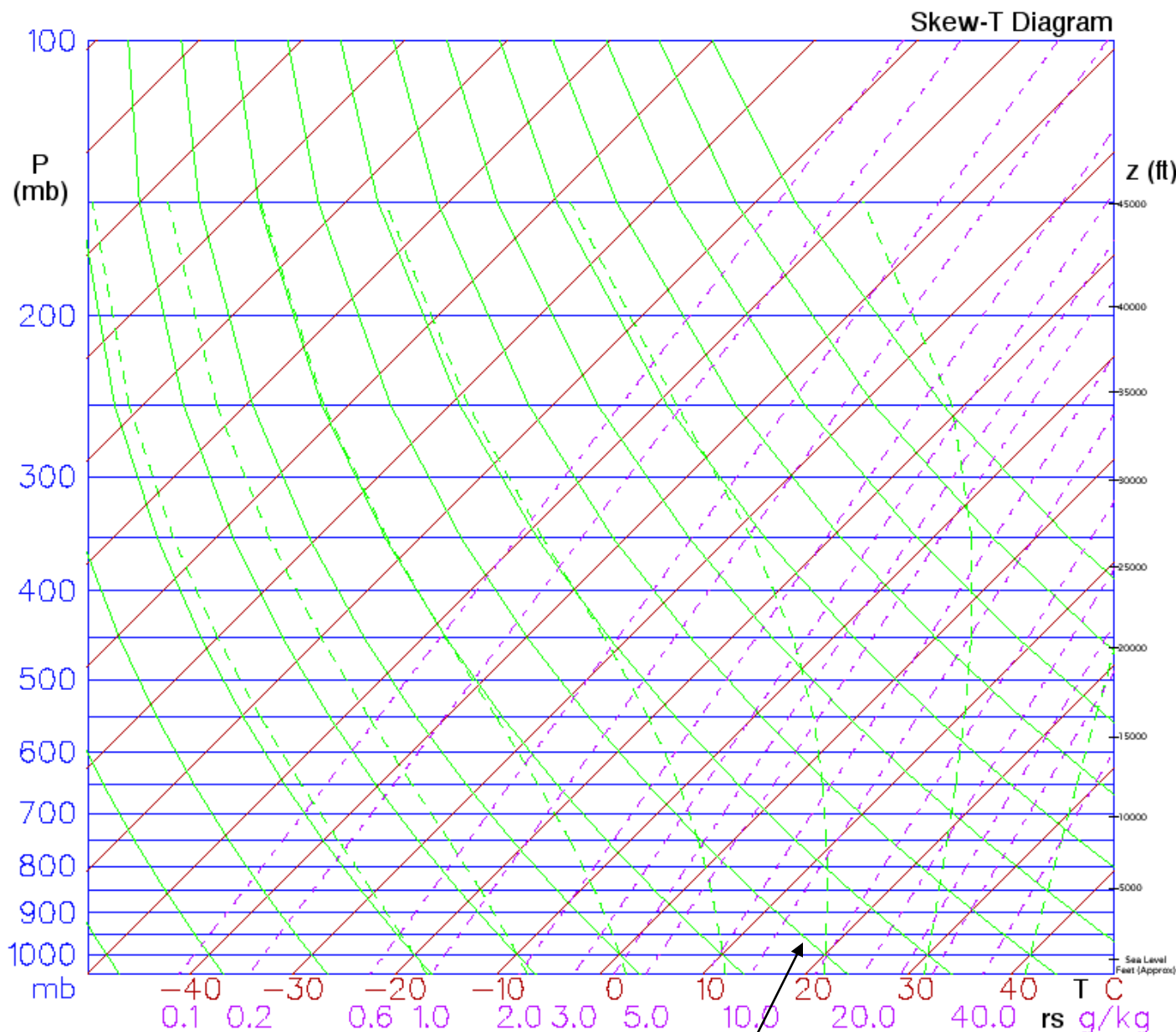


Diagrama Skew-T Log P

Temperatura potencial (θ) é a temperatura ($^{\circ}\text{K}$) que uma parcela de ar teria se fosse trazido adiabaticamente seca até 1000 hPa.



Adiabática seca (linhas verdes sólidas)-
 θ constante

Diagrama Skew-T Log P

Ar saturado segue as adiabáticas úmidas, partindo do princípio de que todo o vapor de água condensado cai imediatamente durante a subida da parcela.

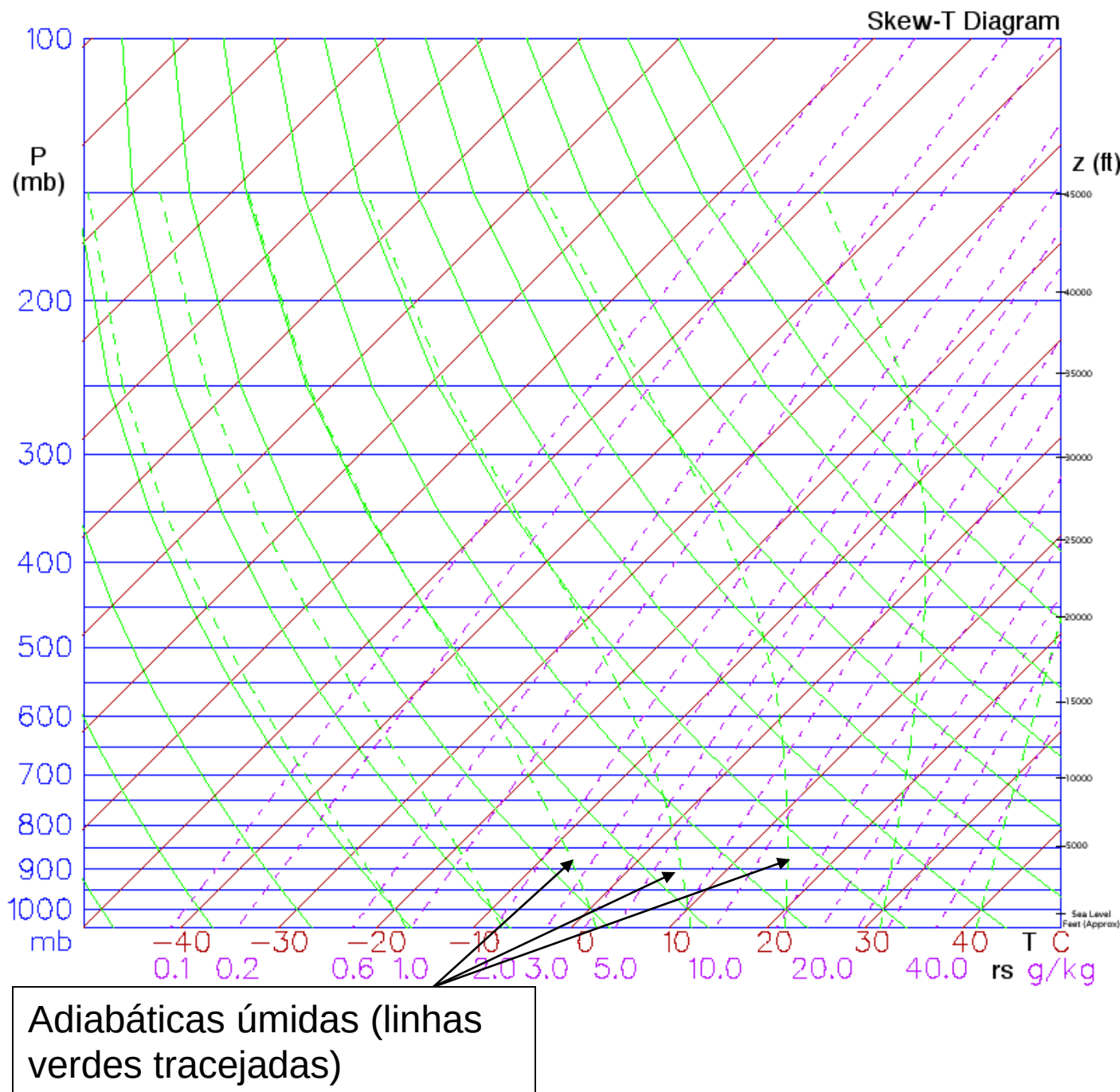
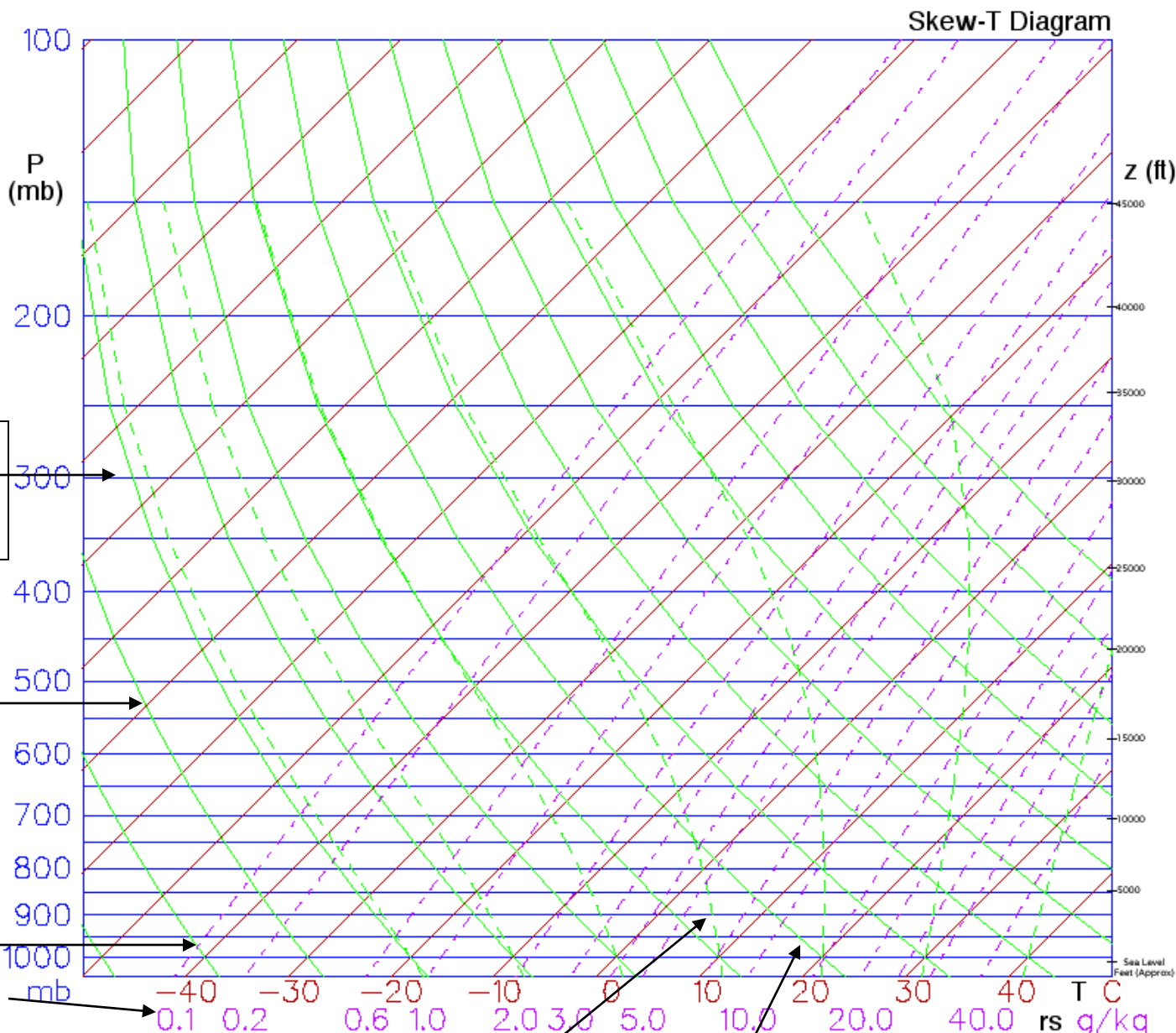


Diagrama Skew-T Log P

Pressão
(linhas horizontais)

Temperatura (°C)
(linhas diagonais)

Razão de mistura
(linhas diagonais
tracejadas) (g/kg)



Adiabáticas úmidas (linhas
verdes tracejadas)

Adiabática seca (linhas
verdes sólidas)- θ constante

Taxa de Variação Vertical de Temperatura (TVVT) - Adiabático Seco

Temperatura Potencial (θ) é definida como:

$$\theta = T(p_s/p)^K$$

onde p_s é geralmente considerado como sendo 1000 hPa e $K = R/C_p$

Tomando o logaritmo da equação acima, temos

$$\ln(\theta) = \ln(T) + K \ln(p_s) - K \ln(p)$$

Agora diferenciando com relação à altura temos

$$(1/\theta) \partial \theta / \partial z = (1/T) \partial T / \partial z - (K/p) \partial p / \partial z$$

Mas, $\partial p / \partial z = -\rho g$, $K = R/C_p$, e $p = \rho RT$, por isso temos

$$(1/\theta) \partial \theta / \partial z = (1/T) \partial T / \partial z + g/TC_p \text{ ou}$$

$$(T/\theta) \partial \theta / \partial z = \partial T / \partial z + g/C_p$$

Para uma atmosfera adiabática θ não varia em relação à vertical, temos

$$\text{A TVVT adiabático seco } \gamma_d = g/C_p$$

Se θ é uma função da altura, então

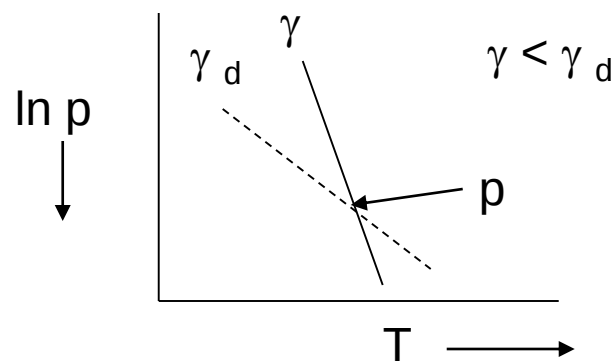
$$(T/\theta) \partial \theta / \partial z = \gamma_d - \gamma$$

Estabilidade (Ar Seco)

Uma parcela de ar seco deslocado verticalmente irá resfriar / aquecer a TVVT adiabático seco.

Considere o seguinte diagrama esquemático

Se uma parcela no ponto p sobe (desce), ela resfria (aquece) a TVVT adiabático seco e torna-se mais fria (quente) do que seu ambiente. Assim, será negativamente (positivamente) flutuante e desce (sobe) de volta para sua posição original.

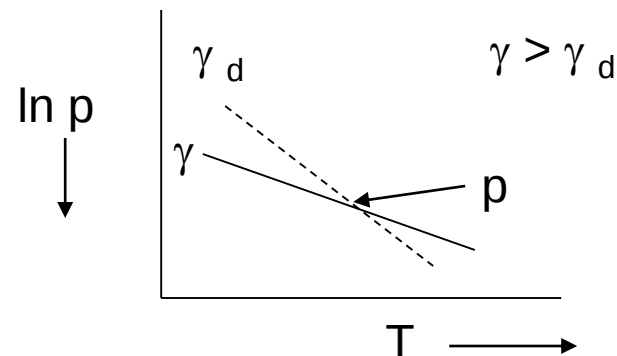


Se $\gamma < \gamma_d$ (θ aumenta com altitude), a atmosfera é **estaticamente estável** e uma parcela deslocada verticalmente tenderá a voltar ao seu nível original.

Estabilidade (Ar Seco)

A atmosfera é geralmente estável em relação aos processos secos, exceto nas proximidades da superfície da Terra durante o aquecimento da tarde ou em situações em que uma massa de ar muito fria está avançando sobre uma superfície quente. Nestes casos um TVVT superadiabatic é observada.

Se uma parcela no ponto p sobe (desce), ela resfria (aquece) a TVVT adiabático seco e torna-se mais quente (mais frio) do que o seu ambiente. Assim, será positivamente (negativamente) flutuante e continuar a afastar-se da sua posição original.



Se $\gamma > \gamma_d$ (θ aumenta com altitude), a atmosfera é **estaticamente instável** e uma parcela deslocada verticalmente tenderá a deslocar mais longe do seu nível original.

Estabilidade (Ar Seco)

Se $\gamma = \gamma_d$ (θ é constante com a altura), a atmosfera é ***estaticamente neutra*** e uma parcela deslocada verticalmente permanecerá no seu nível atual.

Estabilidade (Ar Úmido)

- Agora considere a situação de uma parcela úmida.
 - Se a parcela sobe suficientemente, ela ficará saturada e a condensação irá ocorrer. O calor de condensação contribui para aumentar a temperatura da parcela e compensa parcialmente o resfriamento devido à subida adiabática seca.
 - Para parcelas saturadas, a TVVT é γ_w onde $\gamma_w < \gamma_d$.

À medida que a parcela resfria, a capacidade do ar de manter água diminui. Com menos água disponível para a condensação, há menos calor disponível para aquecer o ar. Assim, as adiabáticas úmidas tornam-se paralelas às adiabáticas secas em regiões muito frias (troposfera superior e áreas polares).

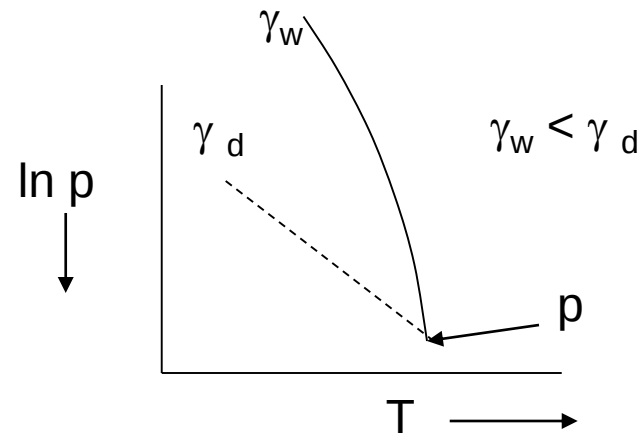
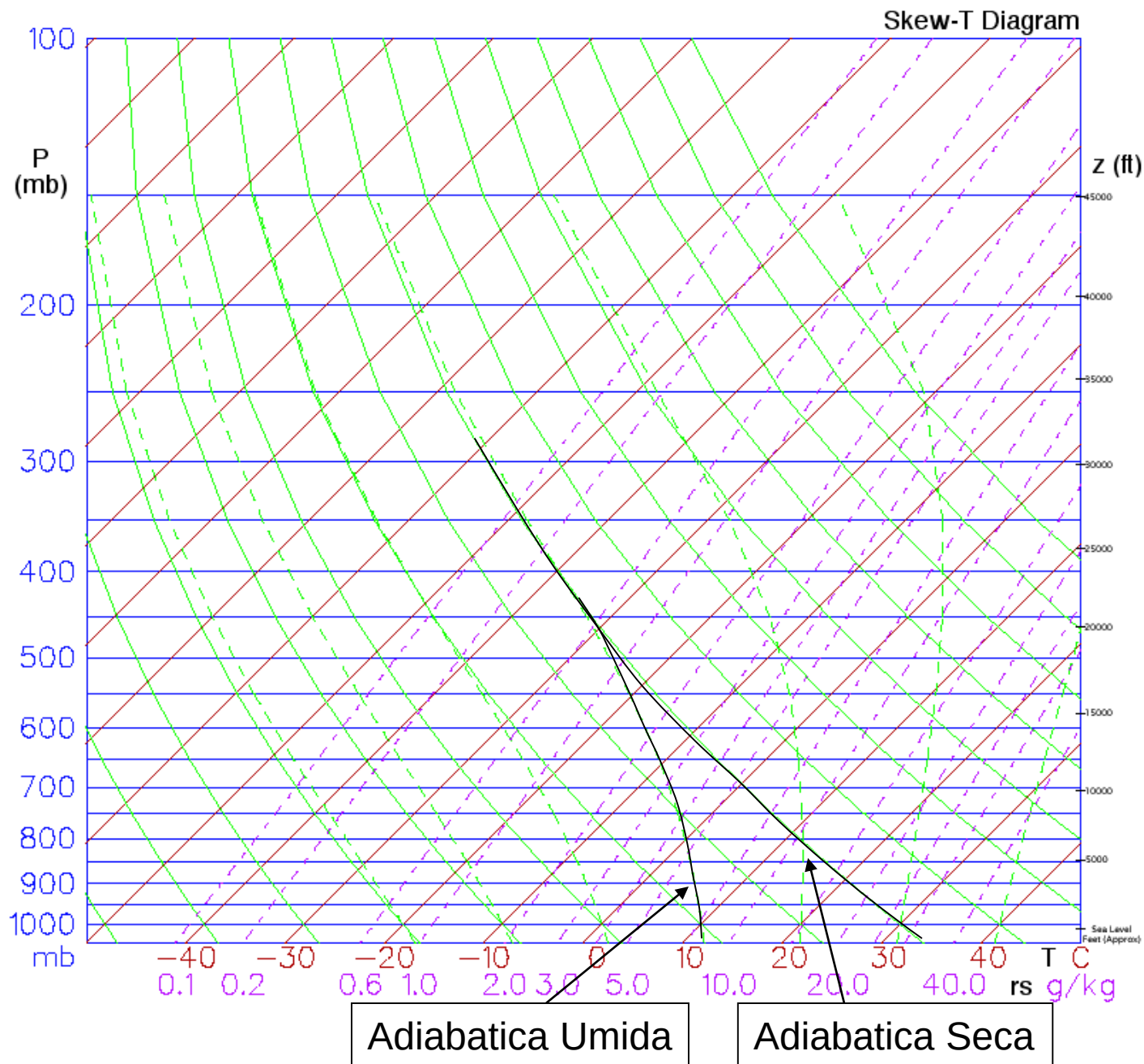
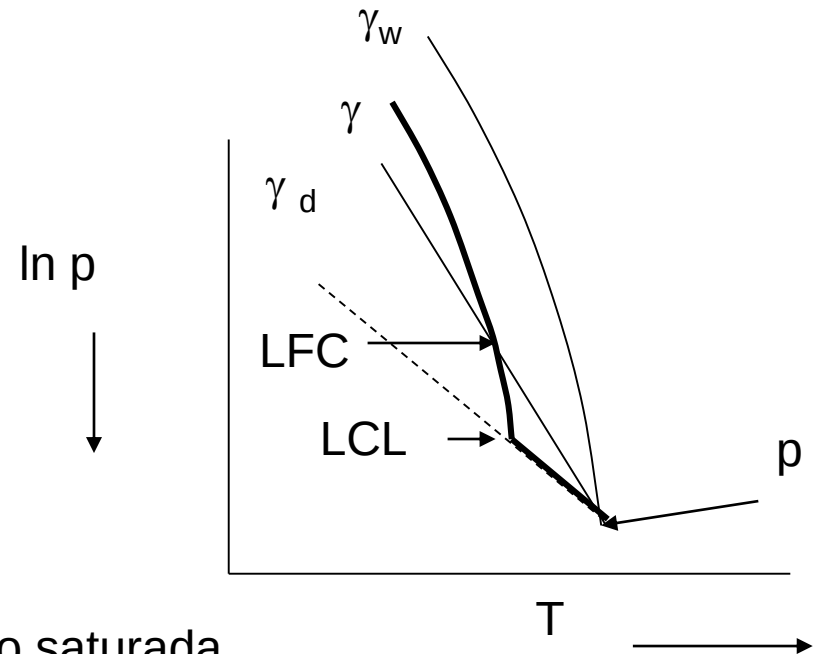


Diagrama Skew-T Log P



Critérios de Estabilidade

$\gamma > \gamma_d$	absolutamente instável
$\gamma = \gamma_d$	neutro seco
$\gamma_d > \gamma > \gamma_w$	condicionalmente instável
$\gamma = \gamma_w$	neutro saturado
$\gamma < \gamma_w$	absolutamente estável



Considere a parcela em p ser inicialmente não saturada.

O ar não saturado úmido se comporta como o ar seco e quando sobe resfria à TVVT adiabática seca. Ela fica saturada no **nível de condensação por ascensão** (LCL). Se o parcela subir além do LCL, ela irá resfriar na TVVT adiabático úmido.

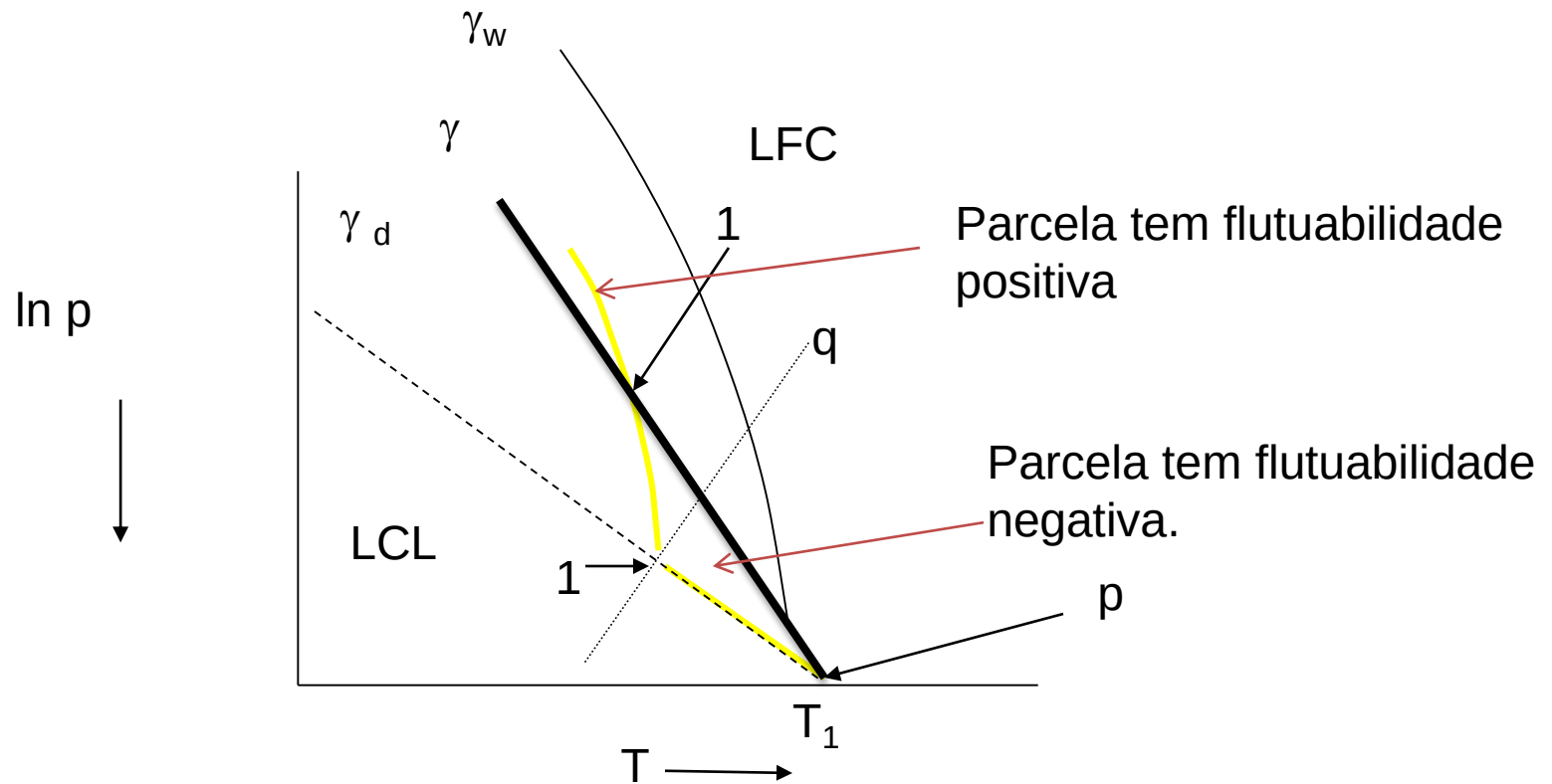
Se a parcela é levantada para o **nível de convecção livre** (LFC), então qualquer subida a mais tornará a parcela instável e ela vai continuar subir devido à flutuabilidade positiva.

Na maioria dos casos o ar está condicionalmente instável e trabalho deve ser feito sobre a parcela para levá-la para o LFC. Ascensão forçada pode ser realizada por :

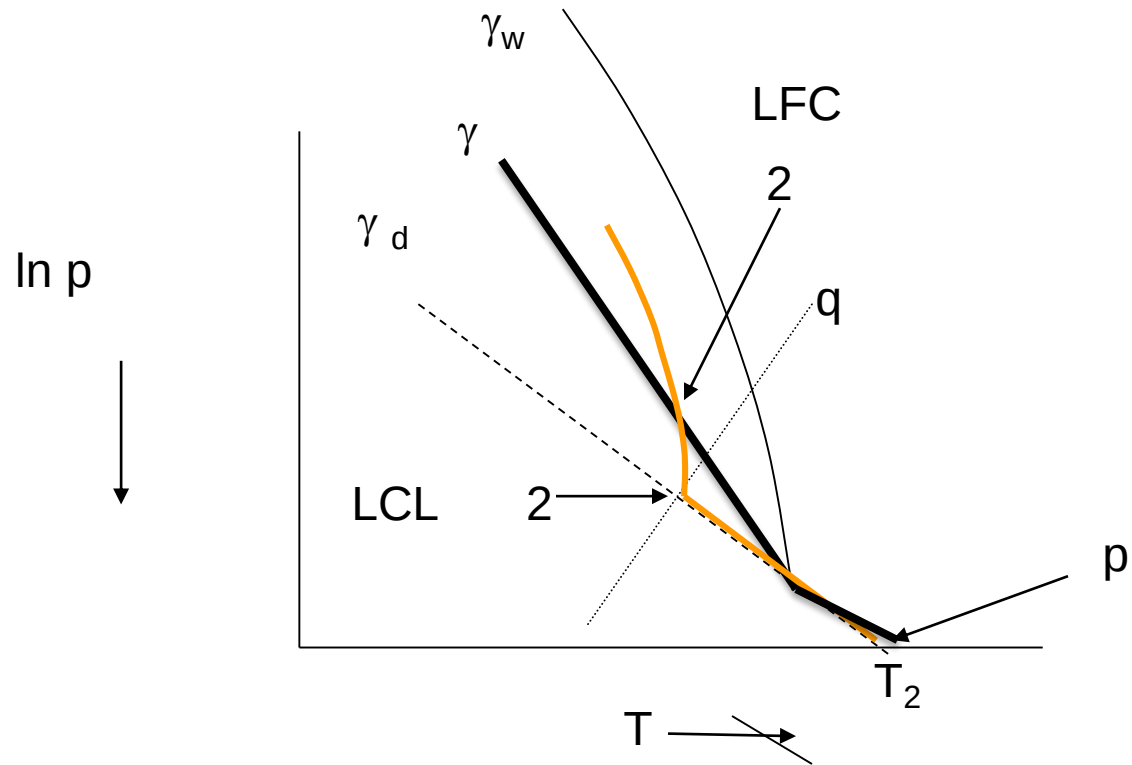
- escoamento sobre montanhas
- ascensão frontal
- ascensão dinâmica, relacionada com sistemas sinóticos

Se a parcela está perto da superfície da Terra, então o aquecimento diurno pode alterar a altura dos níveis LCL e LFC, facilitando para a parcela ficar instável.

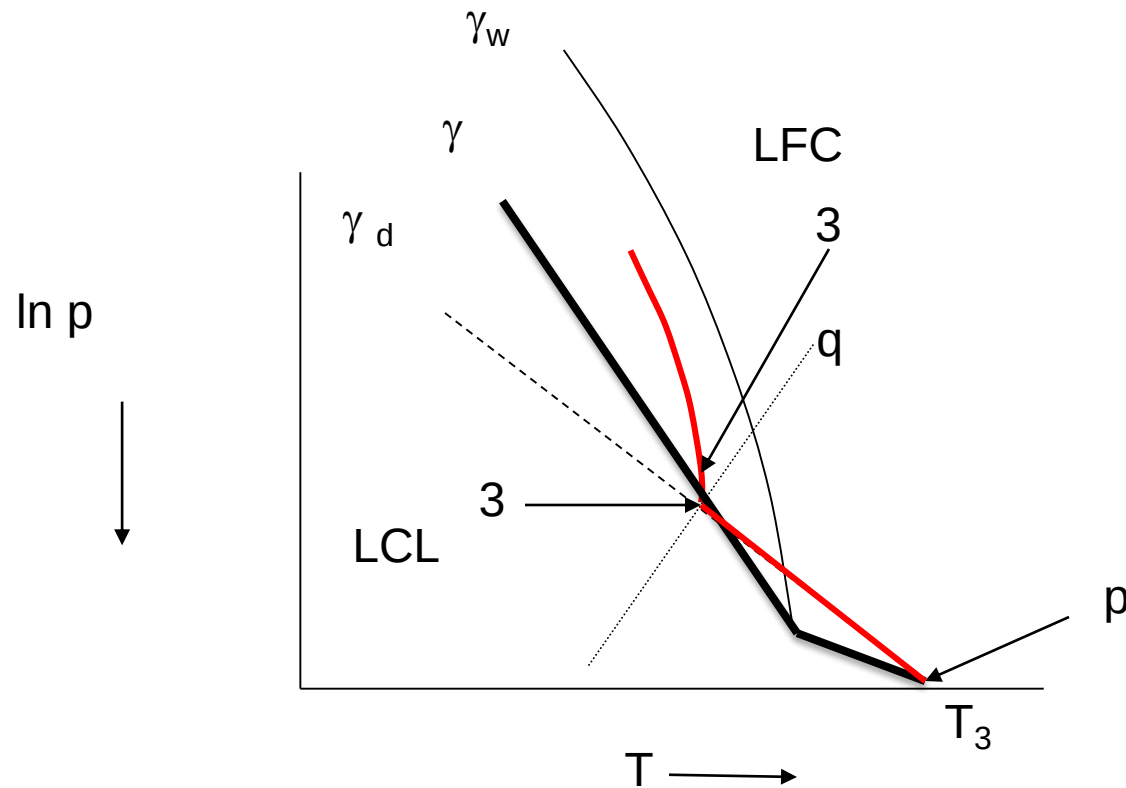
Efeitos do aquecimento diurno nos níveis LCL e LFC



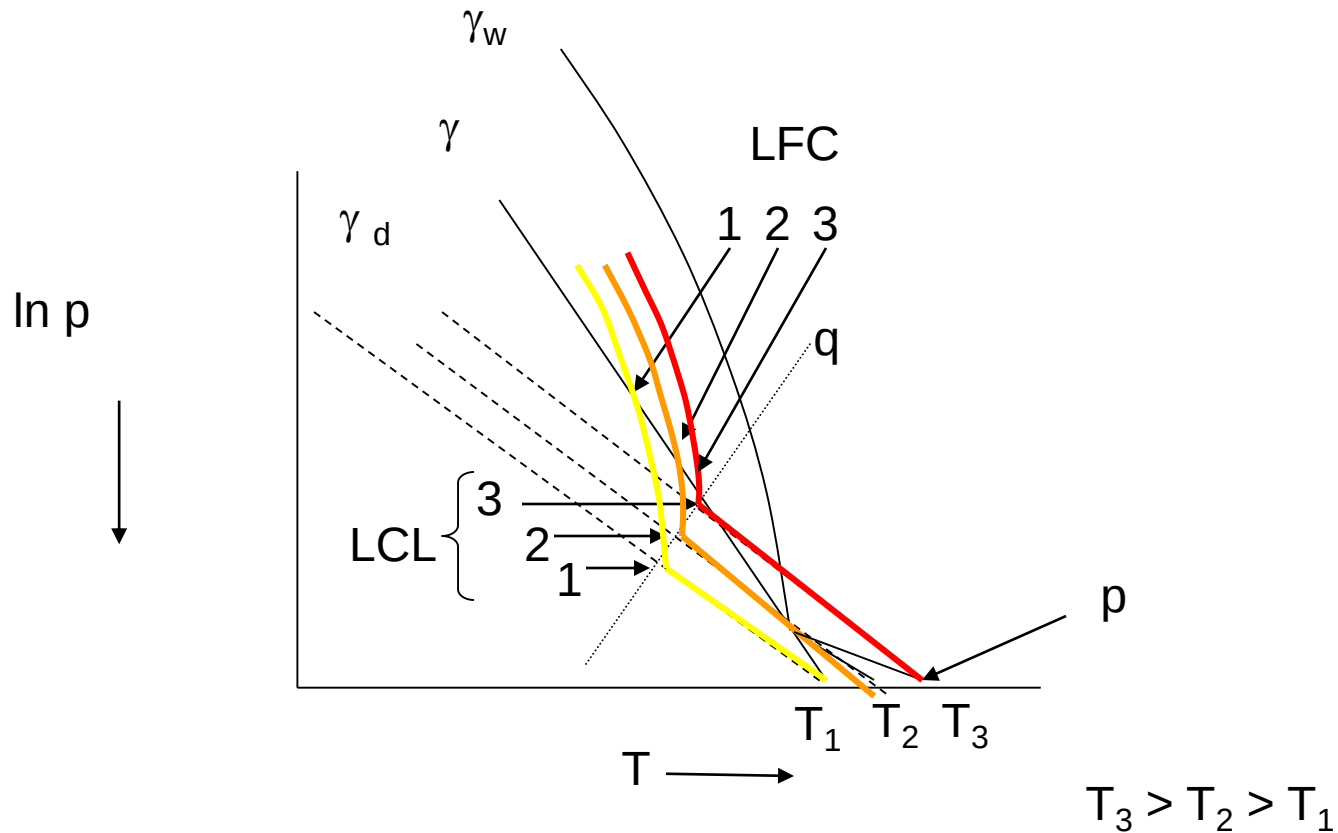
Efeitos do aquecimento diurno nos níveis LCL e LFC



Efeitos do aquecimento diurno nos níveis LCL e LFC



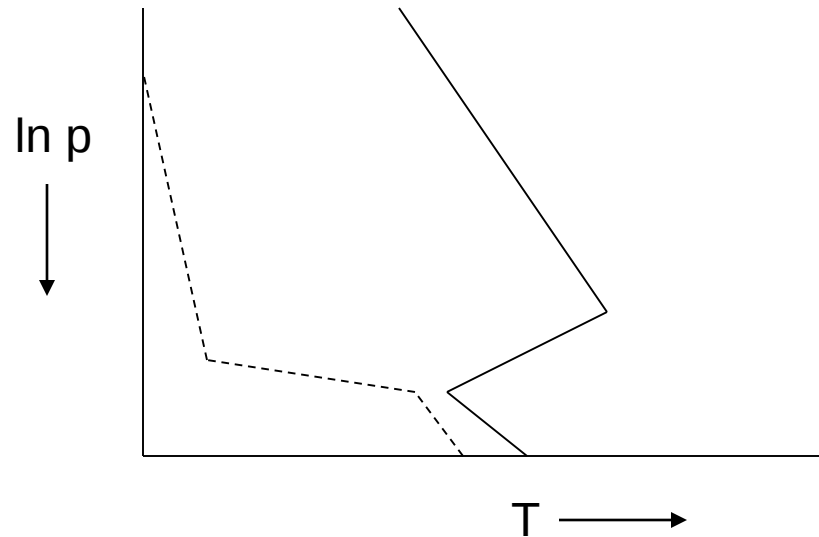
Efeitos do aquecimento diurno nos níveis LCL e LFC



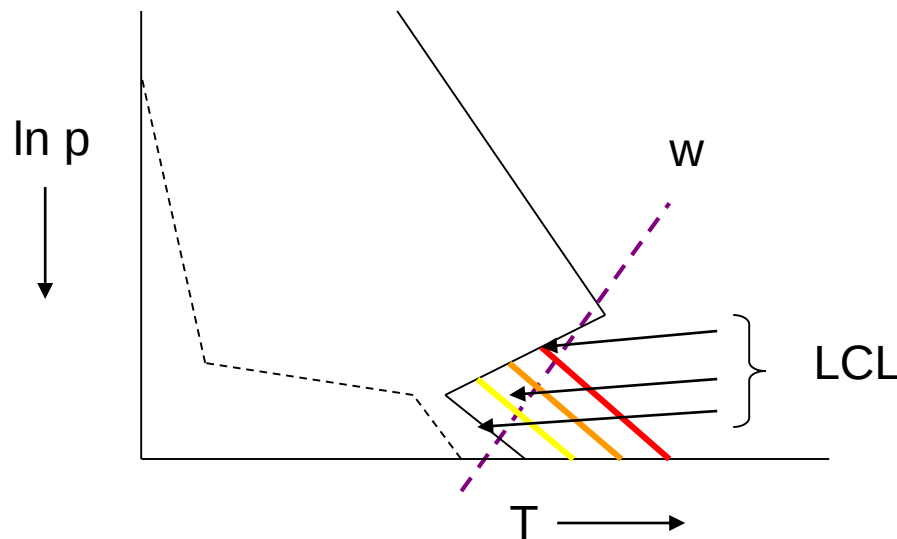
Aquecimento diurno: LCL
sobe e LFC desce

Massa de Ar Polar Continental

Considere uma massa de ar (cP) movendo-se sobre uma superfície mais quente.



Agora, considere os efeitos do aquecimento diurno na superfície da Terra. Suponha que a camada limite tem temperatura potencial uniforme (TVVT adiabático seco).



À medida que a temperatura da superfície aumenta, a altura do (base de nuvens) LCL aumenta.

Além disso, a espessura de convecção das nuvens diminui - transição de nuvens cumulus para stratocumulus.

Nuvens Stratocumulus



Índices de Estabilidade

- **Índice Showalter (S)**

Método: Levante uma parcela de 850 hPa a 500 hPa e calcule a diferença de Temperatura: $S = T_{500e} - T_{500p}$

onde T_{500e} e T_{500p} são as temperaturas do ambiente (observada a partir de uma sondagem) e da parcela, respectivamente.

$S > 3$	sem convecção
$3 \geq S \geq 1$	pancadas de chuva possíveis
$0 \geq S \geq -2$	trovoadas possíveis
$-3 \geq S \geq -5$	trovoadas severas possíveis
$S \leq -6$	tornados possíveis

Índices de Estabilidade

- **Lifted Index (LI)**

$$LI = T_{500} - T_{p500}$$

onde a média da razão de mistura na camada de 0 a 1 km e a temperatura potencial máxima prevista na superfície são utilizadas.

O LI pode ser usado como uma ferramenta diagnóstica.

Quanto menor o valor (ou seja, quanto maior o número negativo), maior a chance de trovoadas e maior a ameaça de mau tempo.

Note que o **LI** difere do **Índice Showalter** pela localização inicial da parcela.

Índices de Estabilidade

- Índice K (K)

$K = T_{850} - T_{500} + T_{d850} - (T_{700} - T_{d700})$ onde T é a temperatura e T_d é a temperatura de ponto de orvalho.

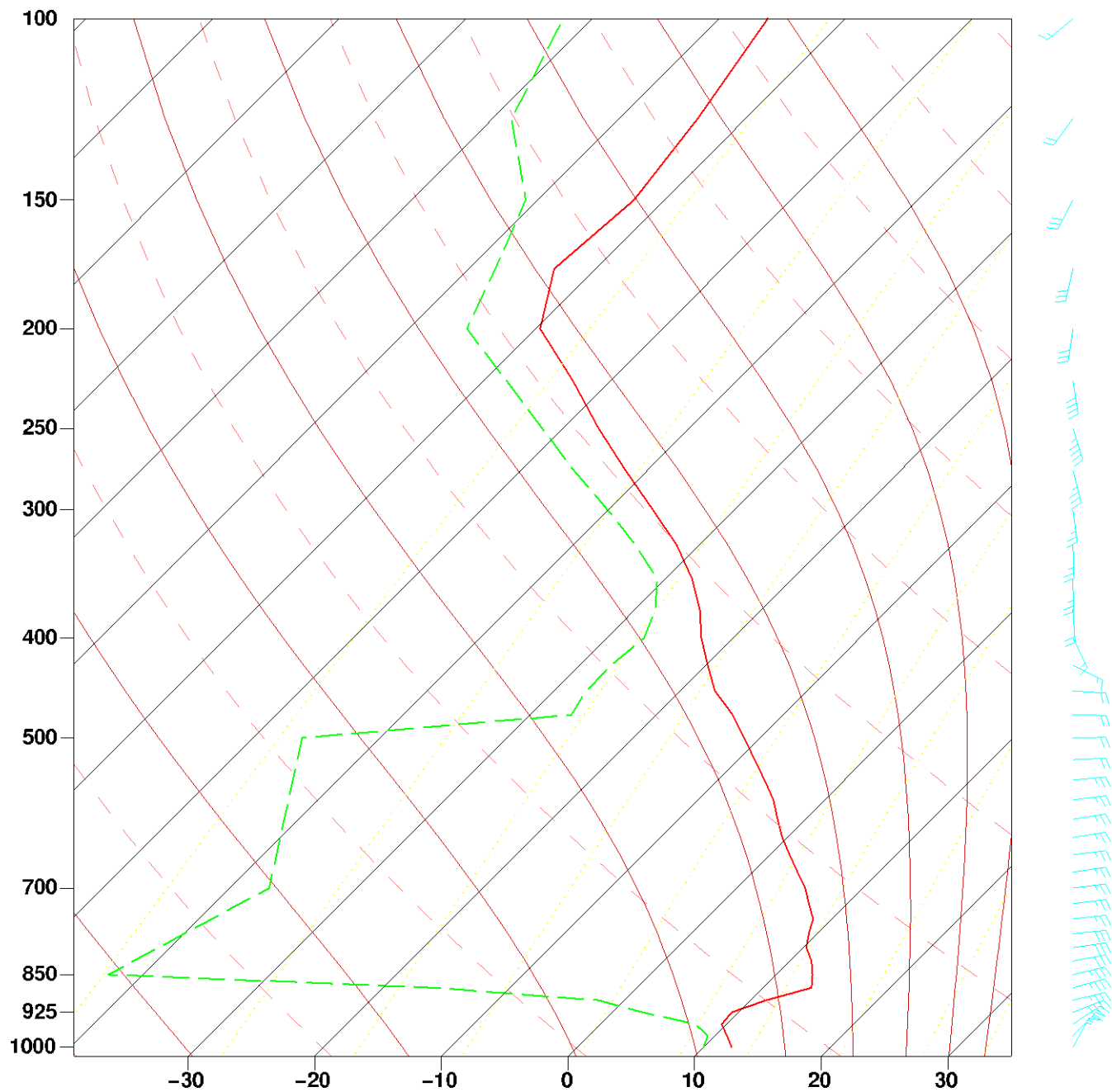
- **K >+20** indica possibilidade de trovoadas.
- **K >+30** indica possibilidade de formação de *Complexos Convectivos de Mesoescala* (MCC's).
- **K >+40** indica quase 100% chance de desenvolvimento de trovoadas com chuvas fortes.

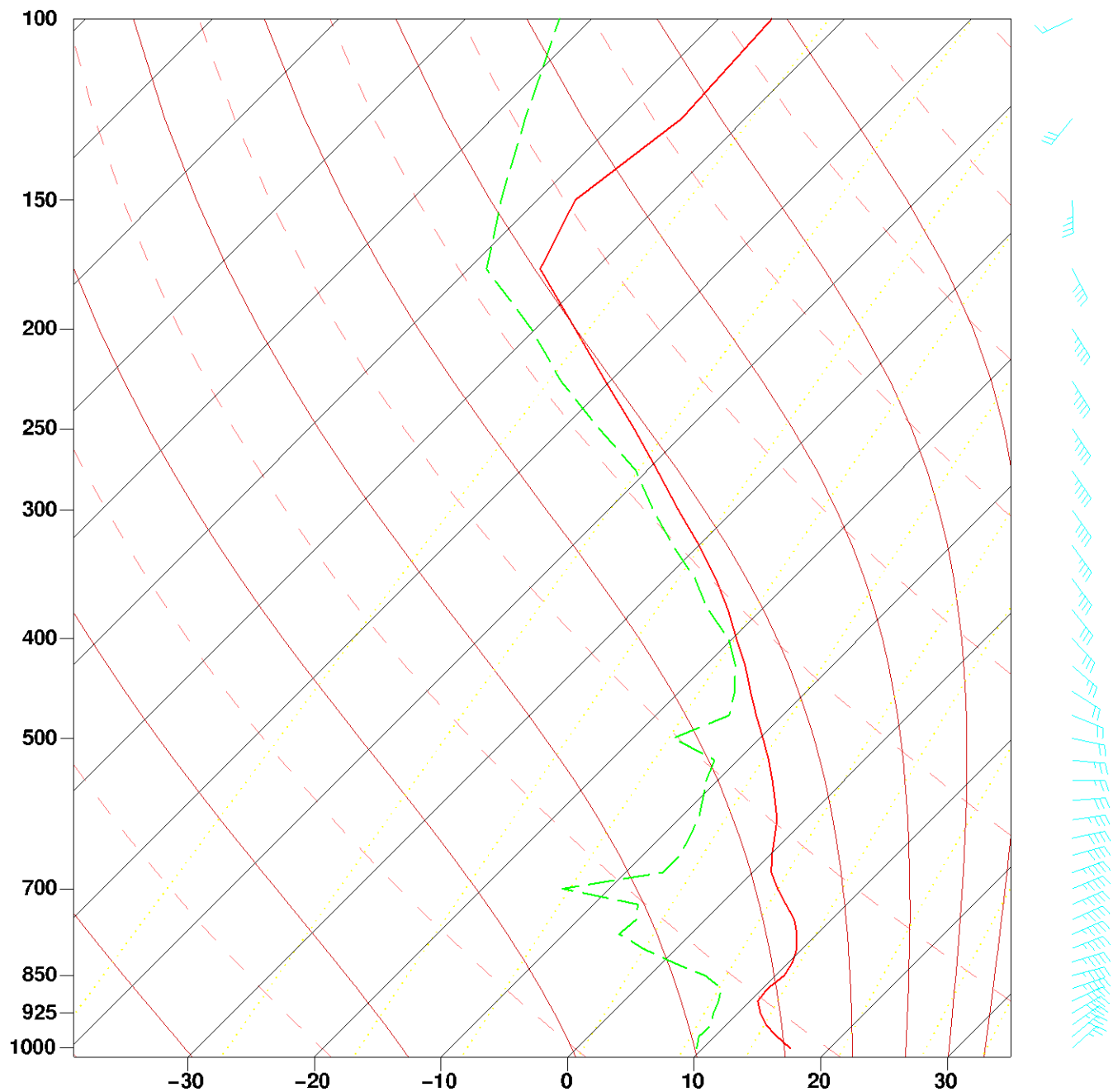
Índices de Estabilidade

- “Total Totals Index” (TT)

$$TT = T_{850} + T_{d850} - 2T_{500}$$

TT >+60 indica trovoadas moderadas, com a possibilidade de trovoadas severas espalhadas.



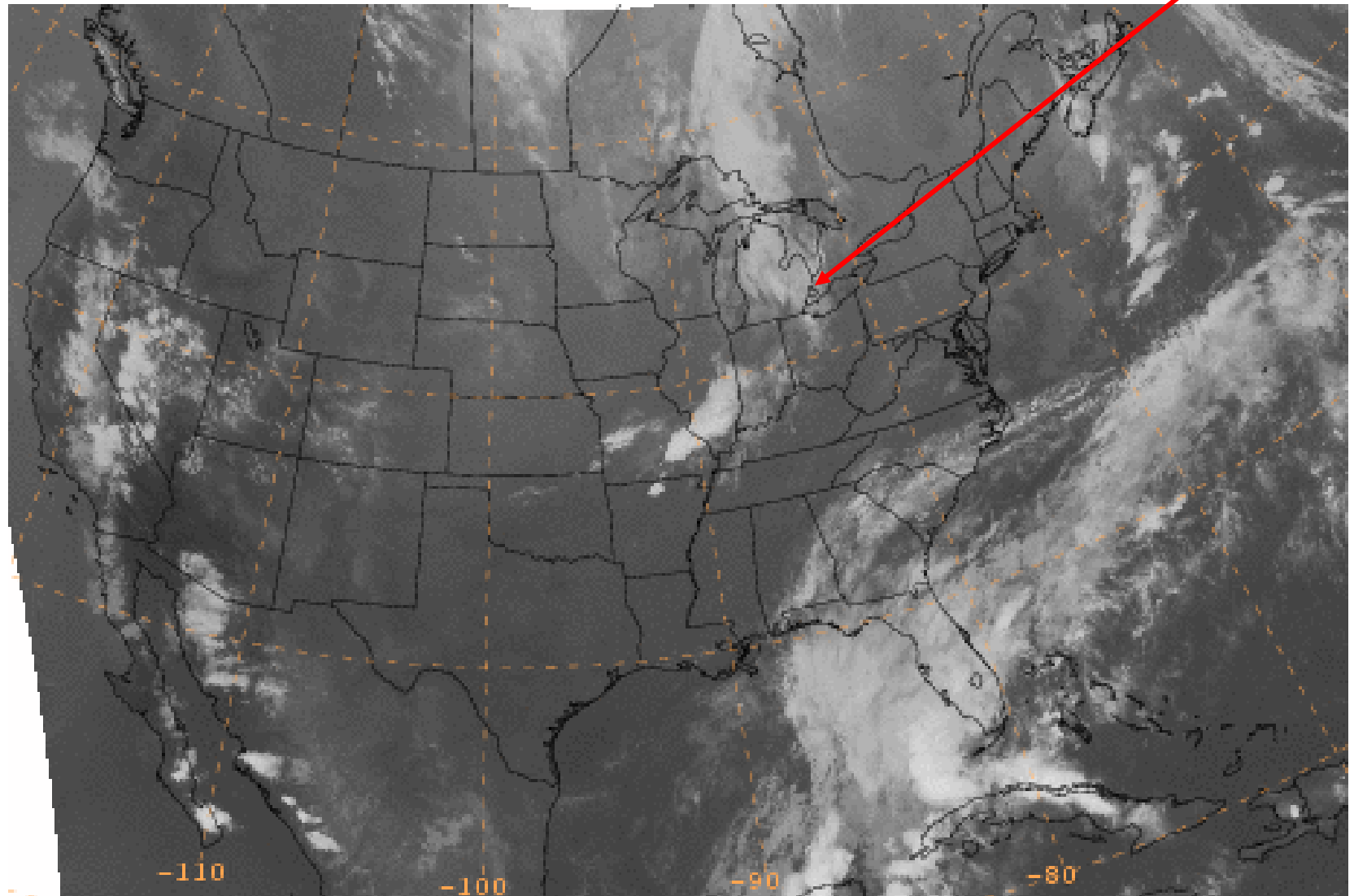


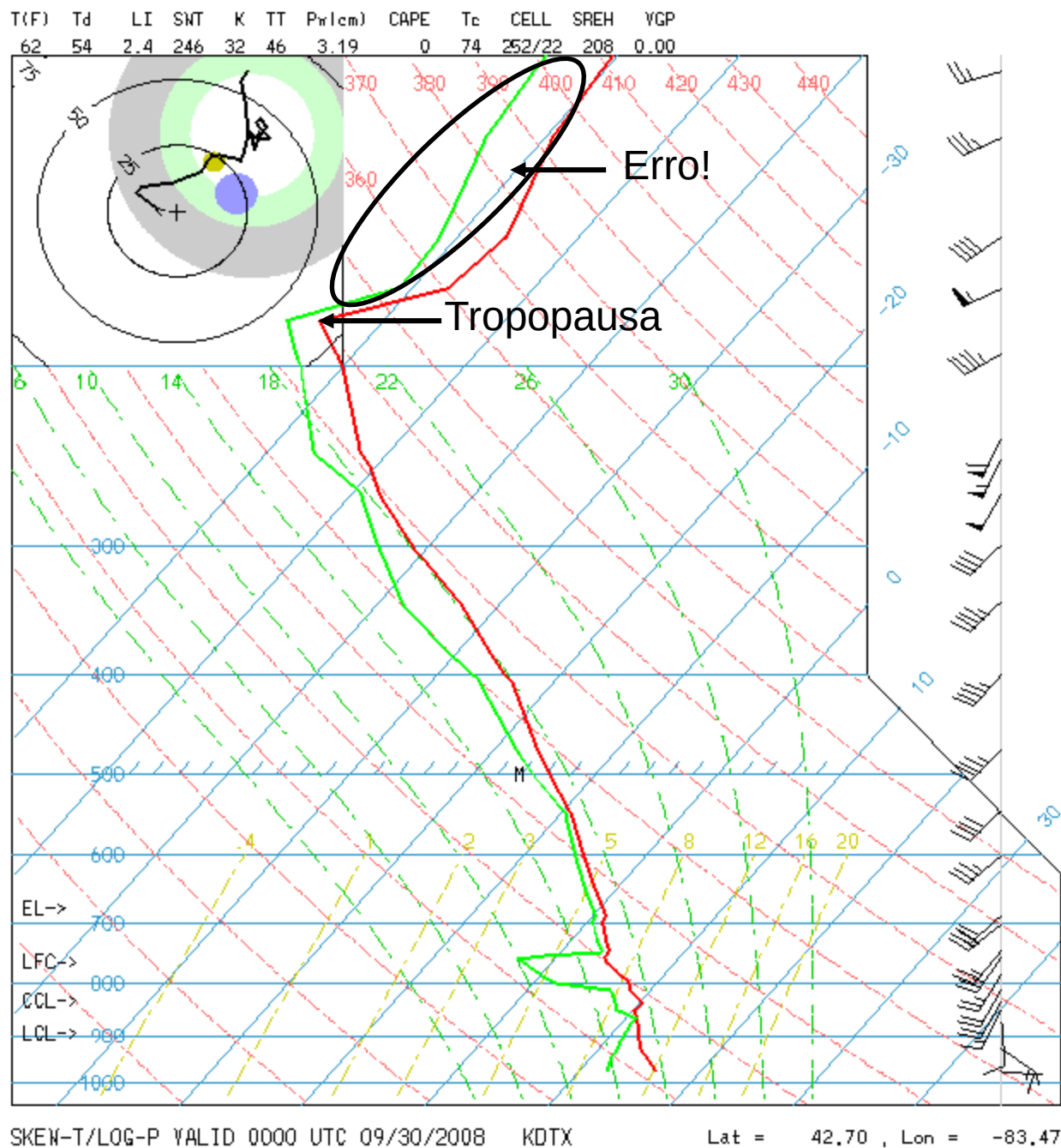
THU 080925/1800V006 NAM DCA SOUNGING

GOES-E IR

0015Z 30 SEP 2008

Detroit, MI





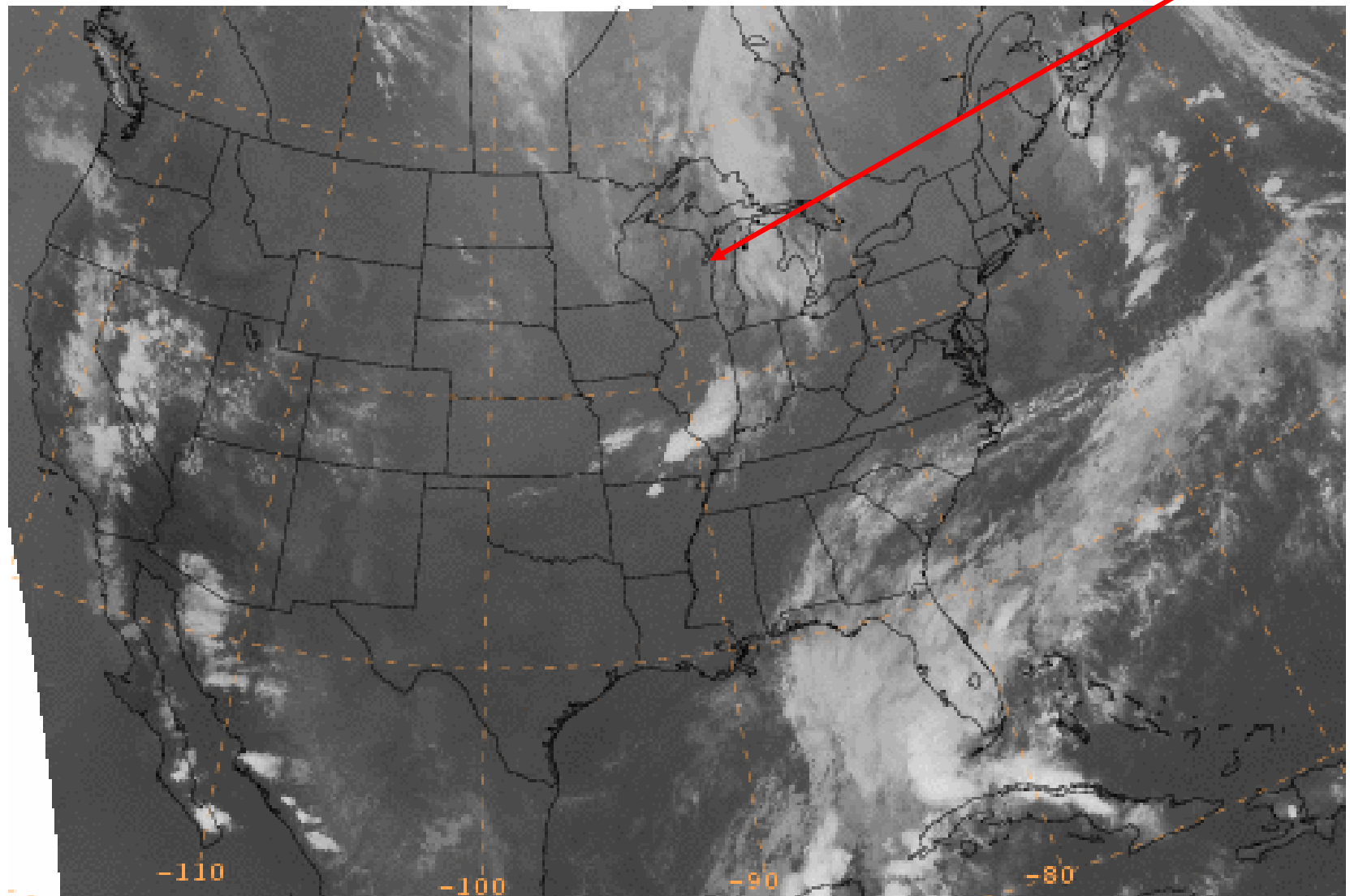
Quase saturado em todos os níveis e TVVT quase adiabático úmido - espessa camada de nuvens, possivelmente convectiva (cb)

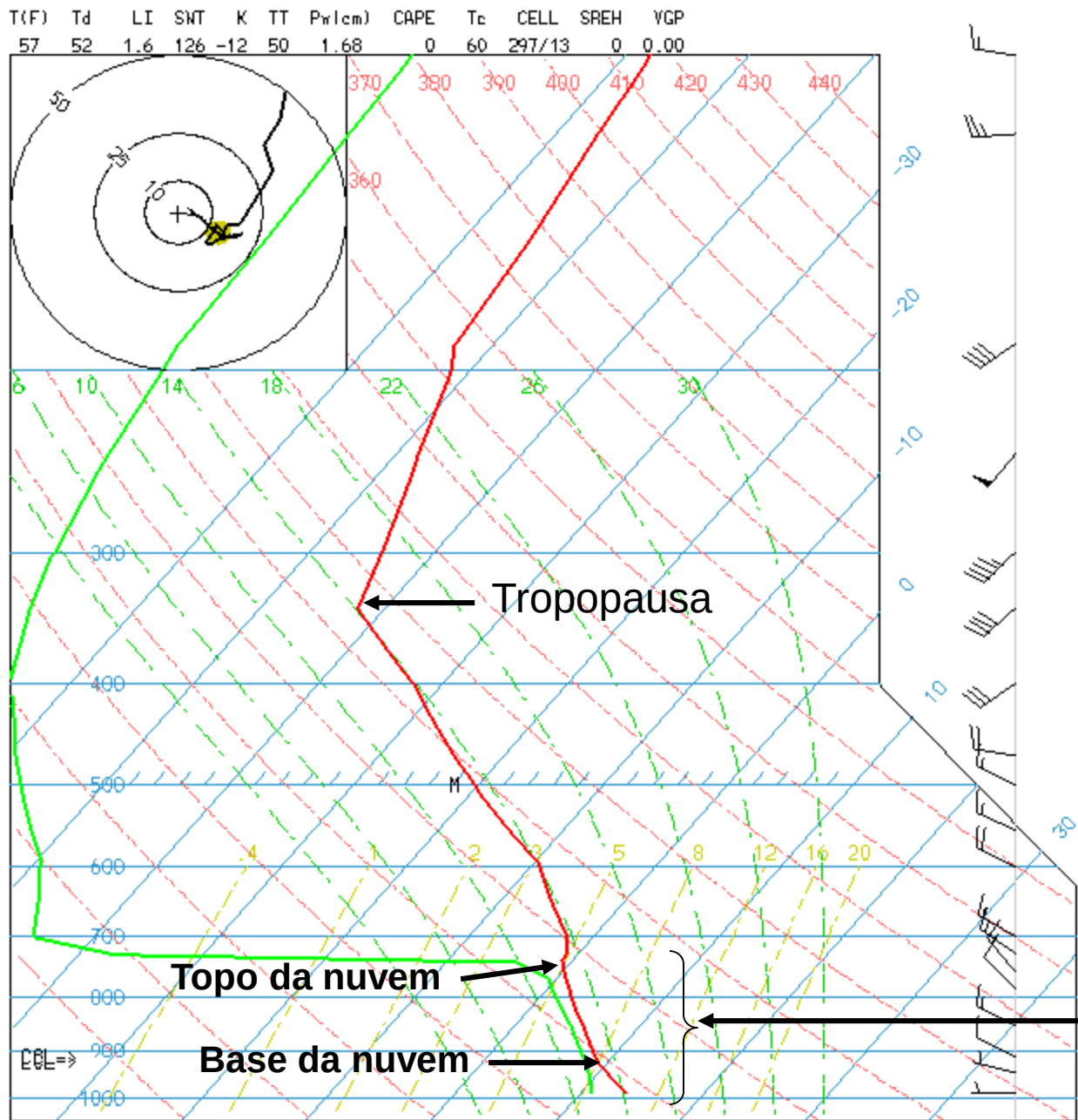
Nota: não se deve confiar nos valores de umidade nos níveis altos, onde a temperatura é menor que -40C.

GOES-E IR

0015Z 30 SEP 2008

Green Bay, WI





SKEW-T/LOG-P VALID 0000 UTC 09/30/2008 KGRB

Lat = 44.48 , Lon = -88.13

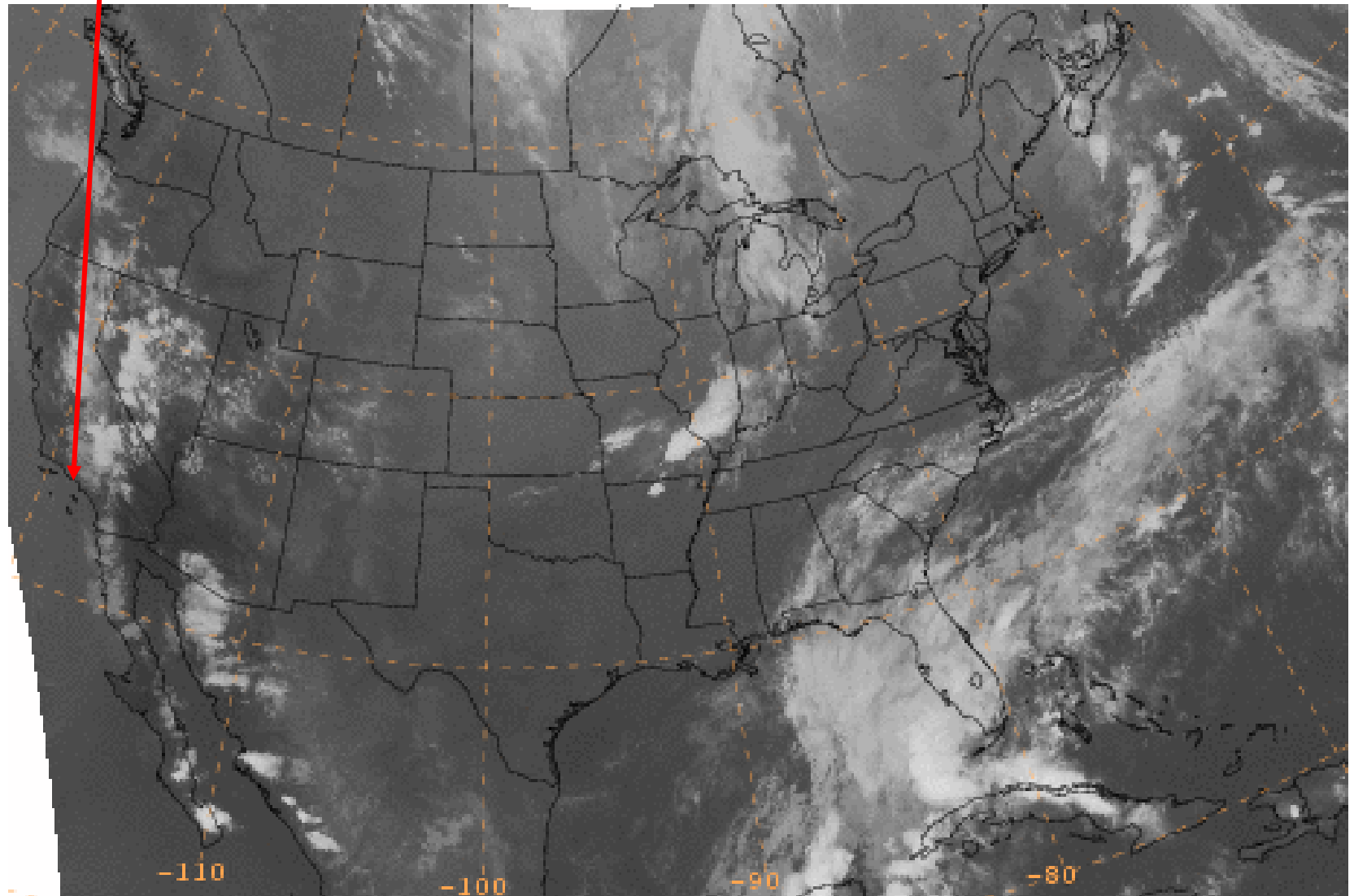
Advecção Fria

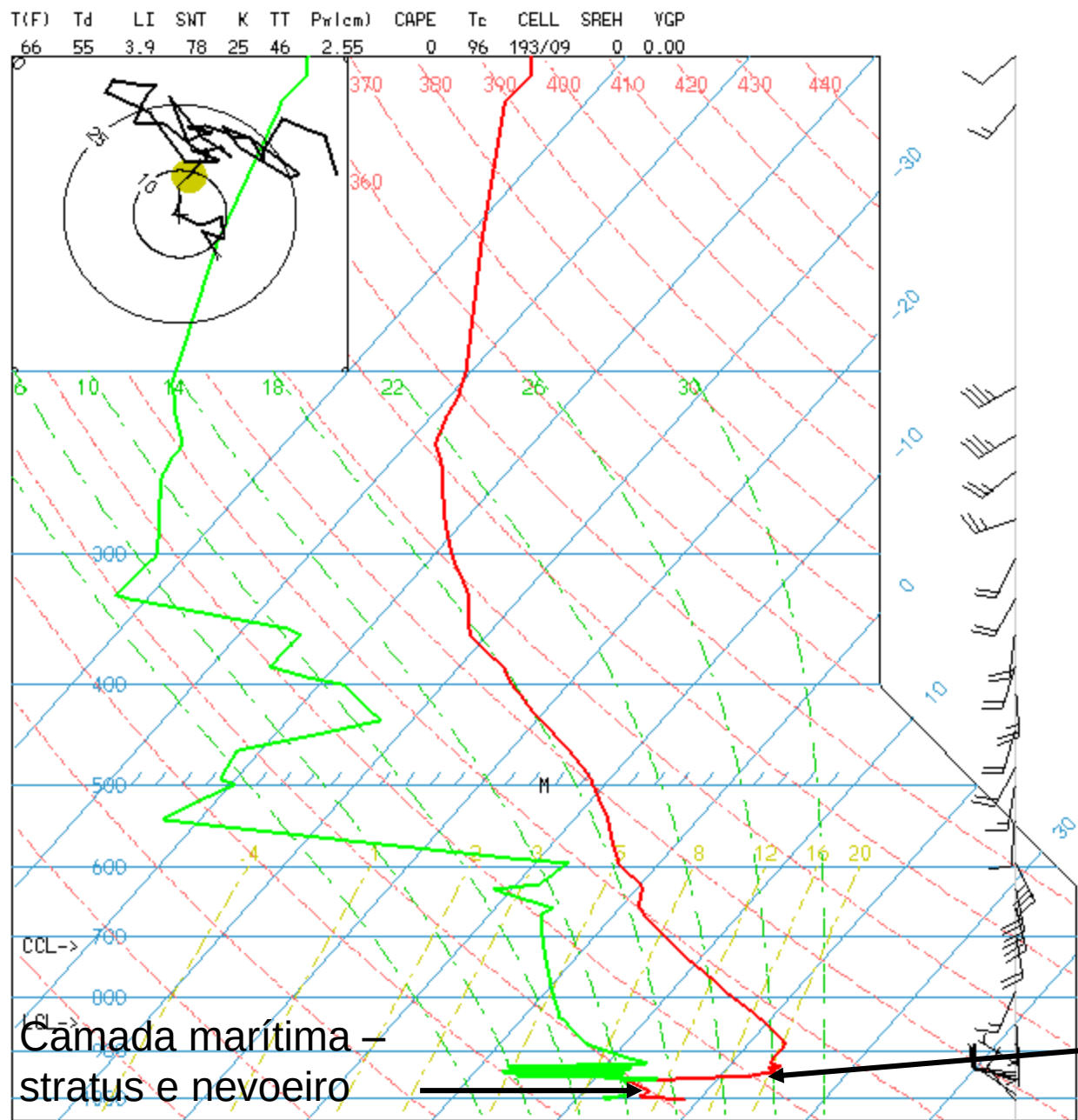
TVVT
adiabática
úmida,
camada
quase
saturada—
nuvens
baixas

GOES-E IR

Vandenberg
AFB, CA

0015Z 30 SEP 2008



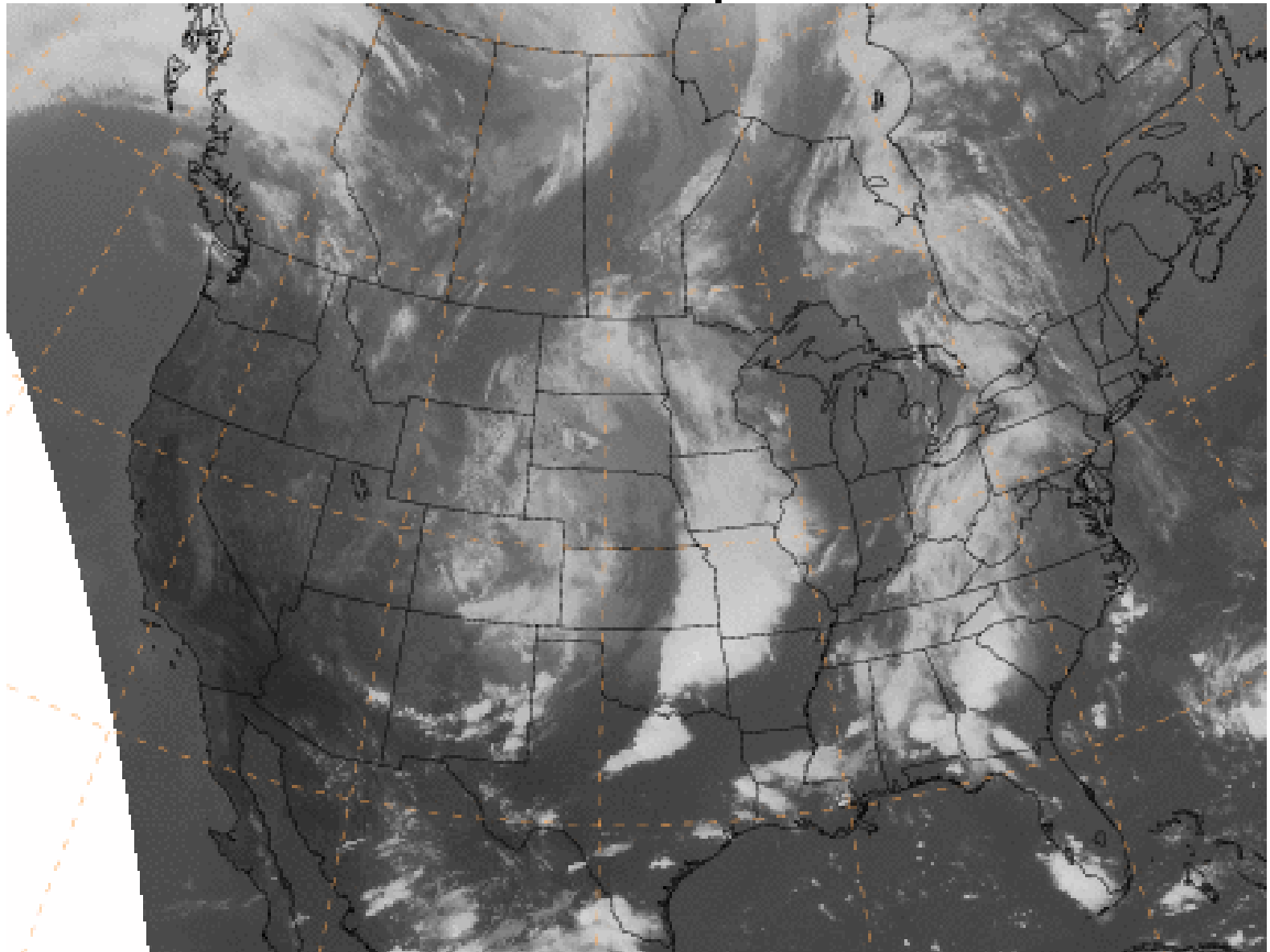


SKEN-T/LOG-P VALID 0000 UTC 09/30/2008 KVBG

Lat = 34.73 , Lon = -120.58

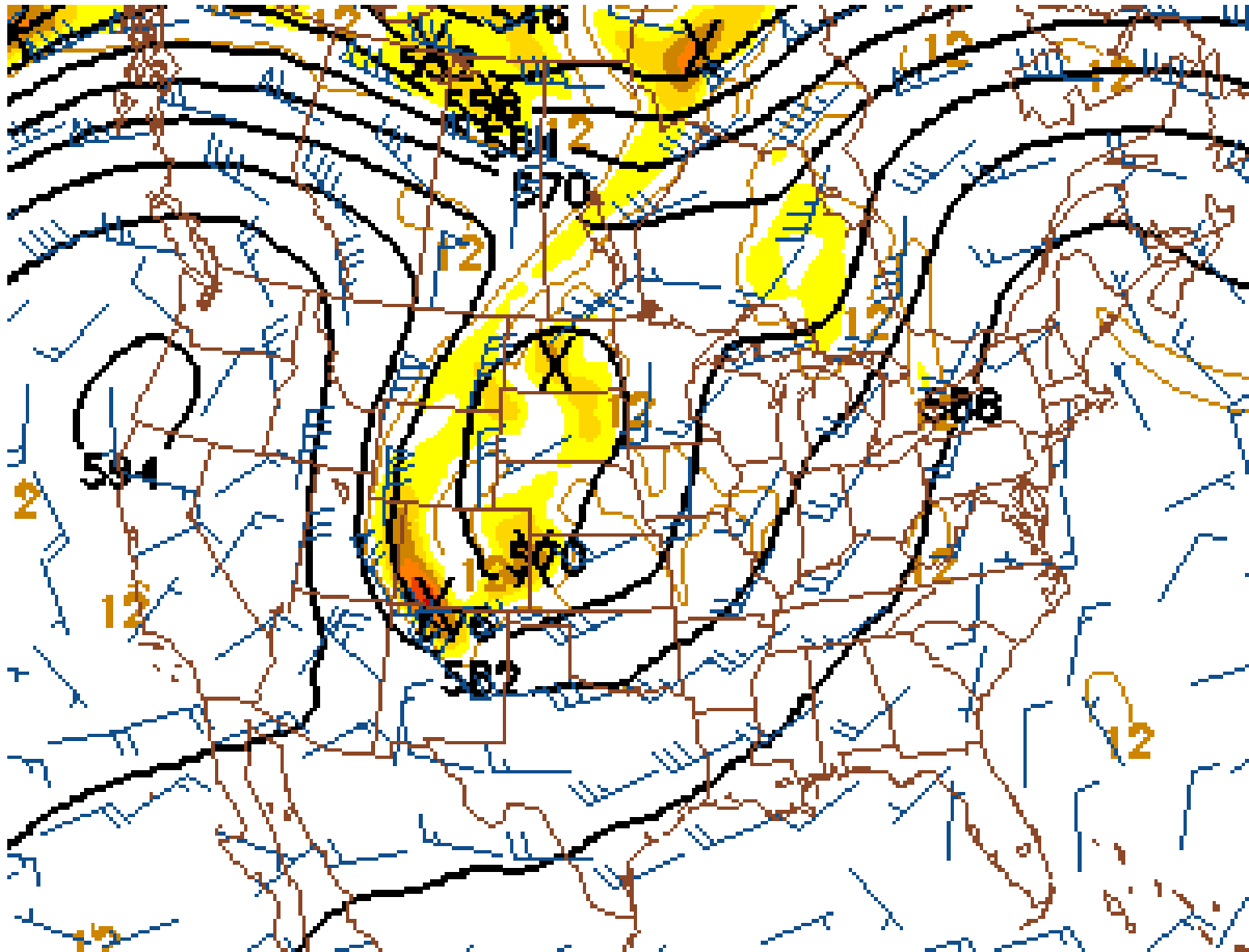
GOES-E IR

2345Z 21 Sep. 2009

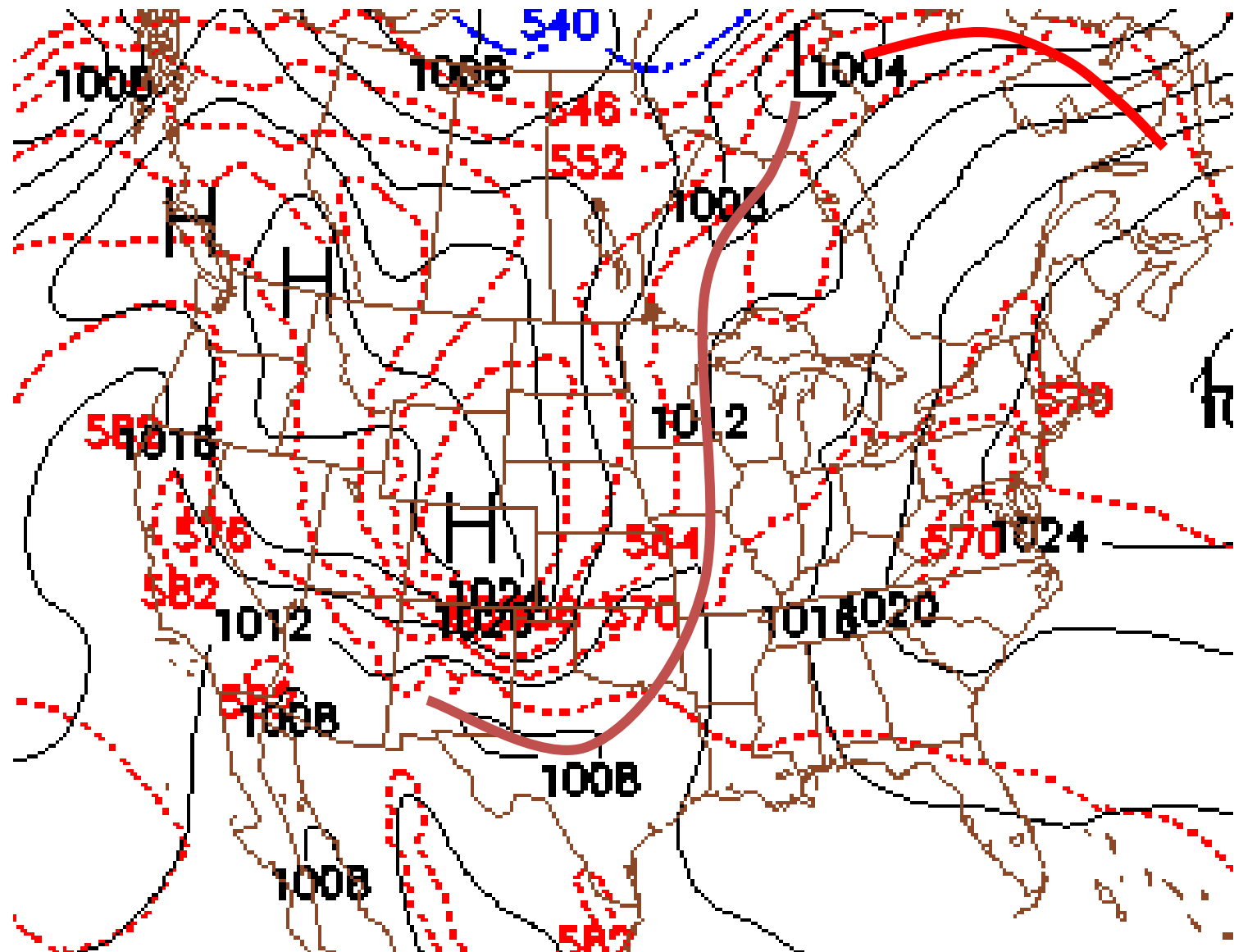


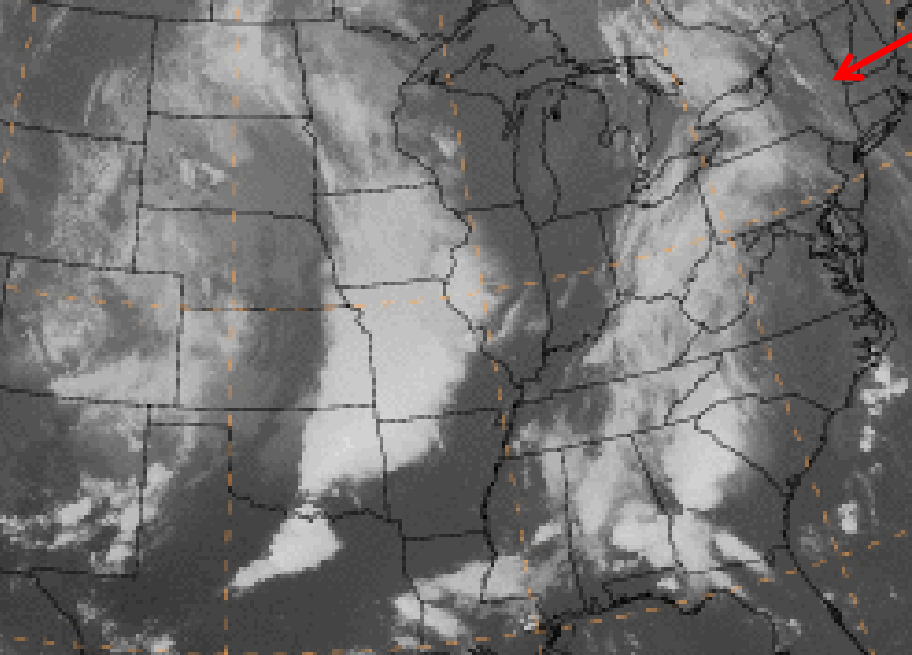
500-hPa Height Analysis

00Z 22 SEP 2009



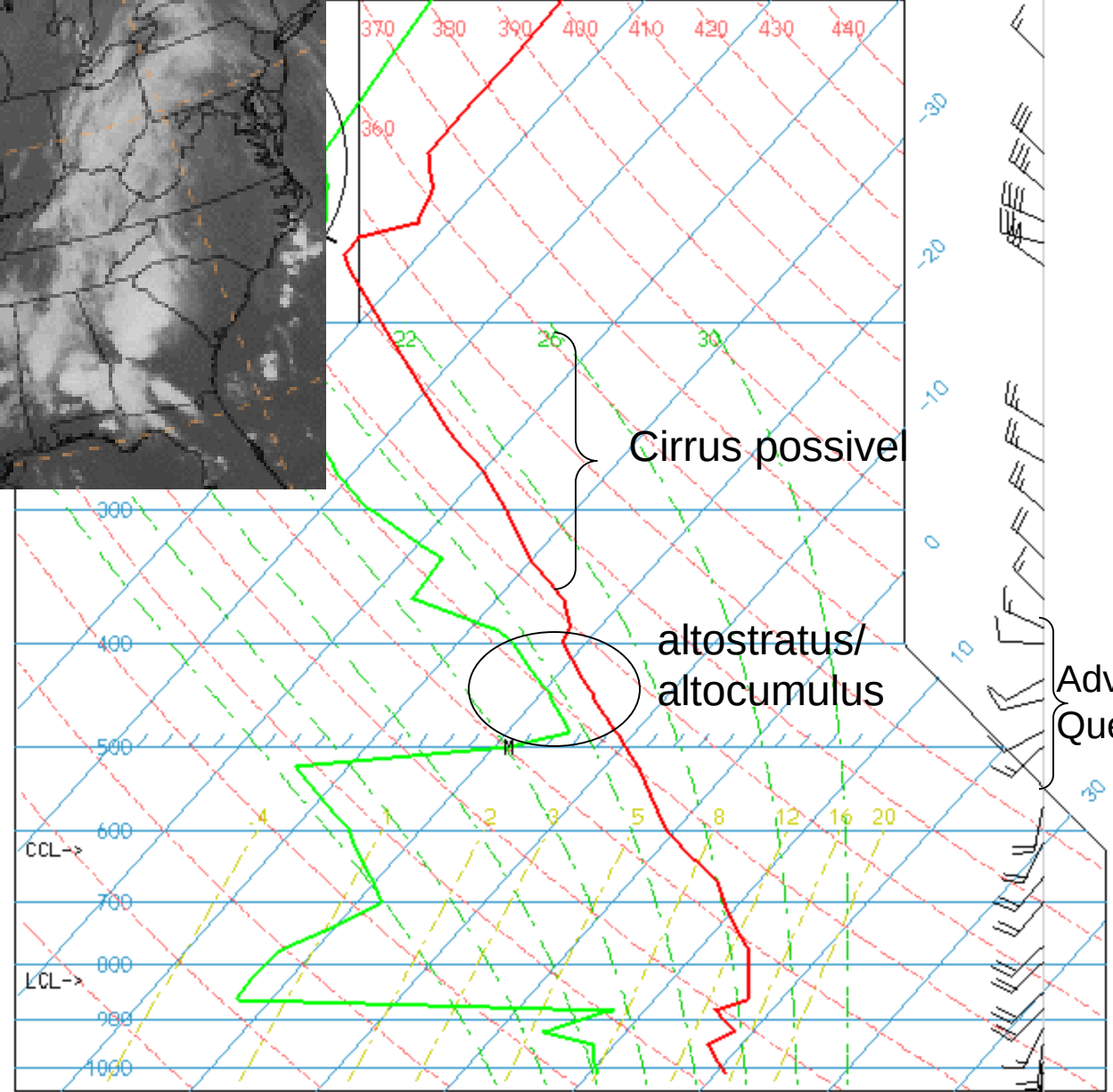
PNM (linhas pretas) e Espessura de 1000-500 hPa (linhas vermelha e azul)





Albanv. NY

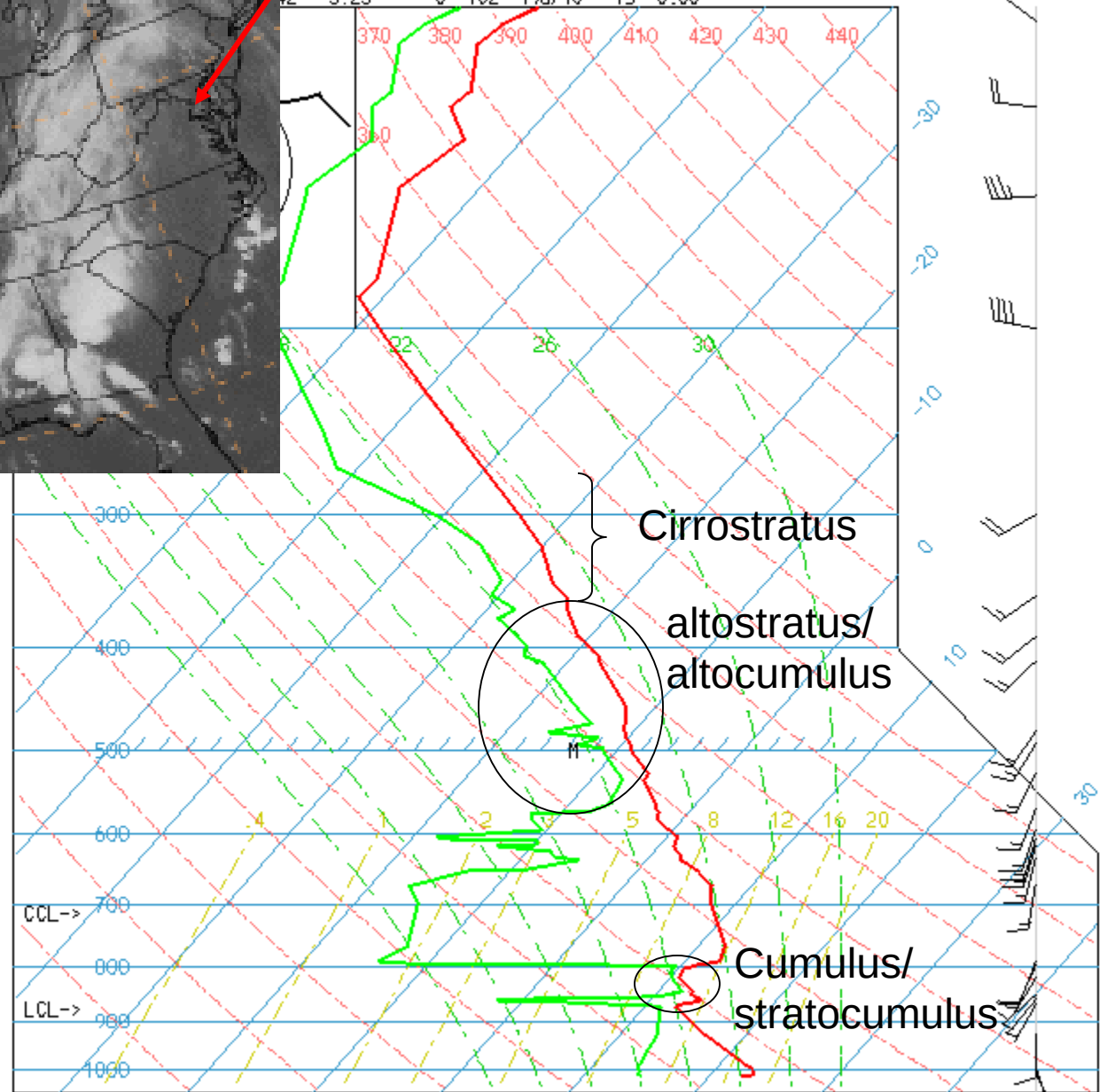
Pw (cm) CAPE Tc CELL SREH VGP
1.58 0 109 213/17 25 0.00



SKEN-T/LOG-P VALID 0000 UTC 09/22/2009 KALB Lat = 42.75 , Lon = -73.80

Dulles Airport

Pw (cm) CAPE Tc CELL SREH VGP
 42 3.23 0 102 198/10 15 0.00

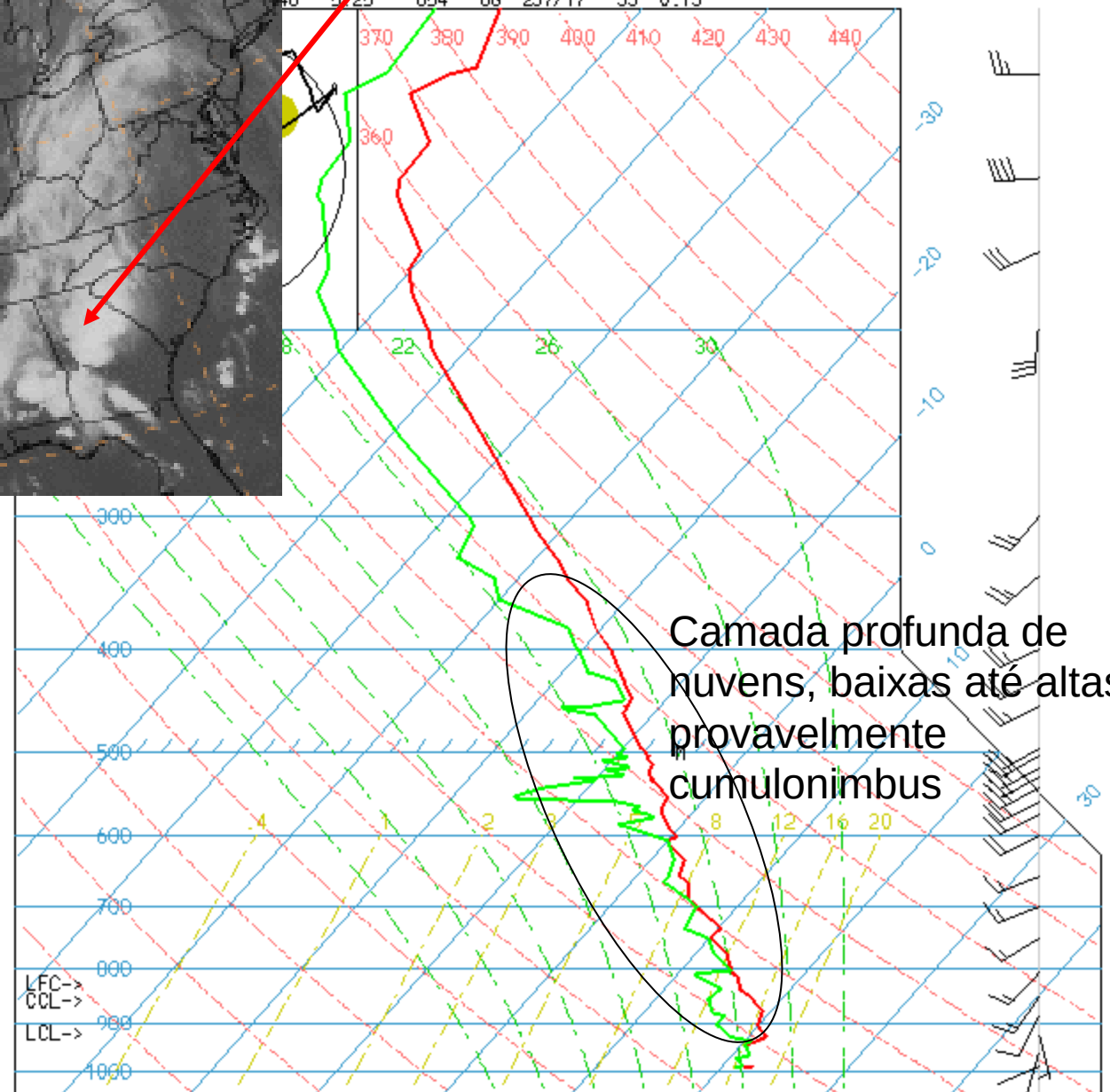


SKEN-T/LOG-P VALID 0000 UTC 09/22/2009 KIAD

Lat = 38.93 , Lon = -77.45

Atlanta

TT Pw/cld CAPE Tc CELL SREH VGP
48 5 25 654 86 237/17 33 0.13

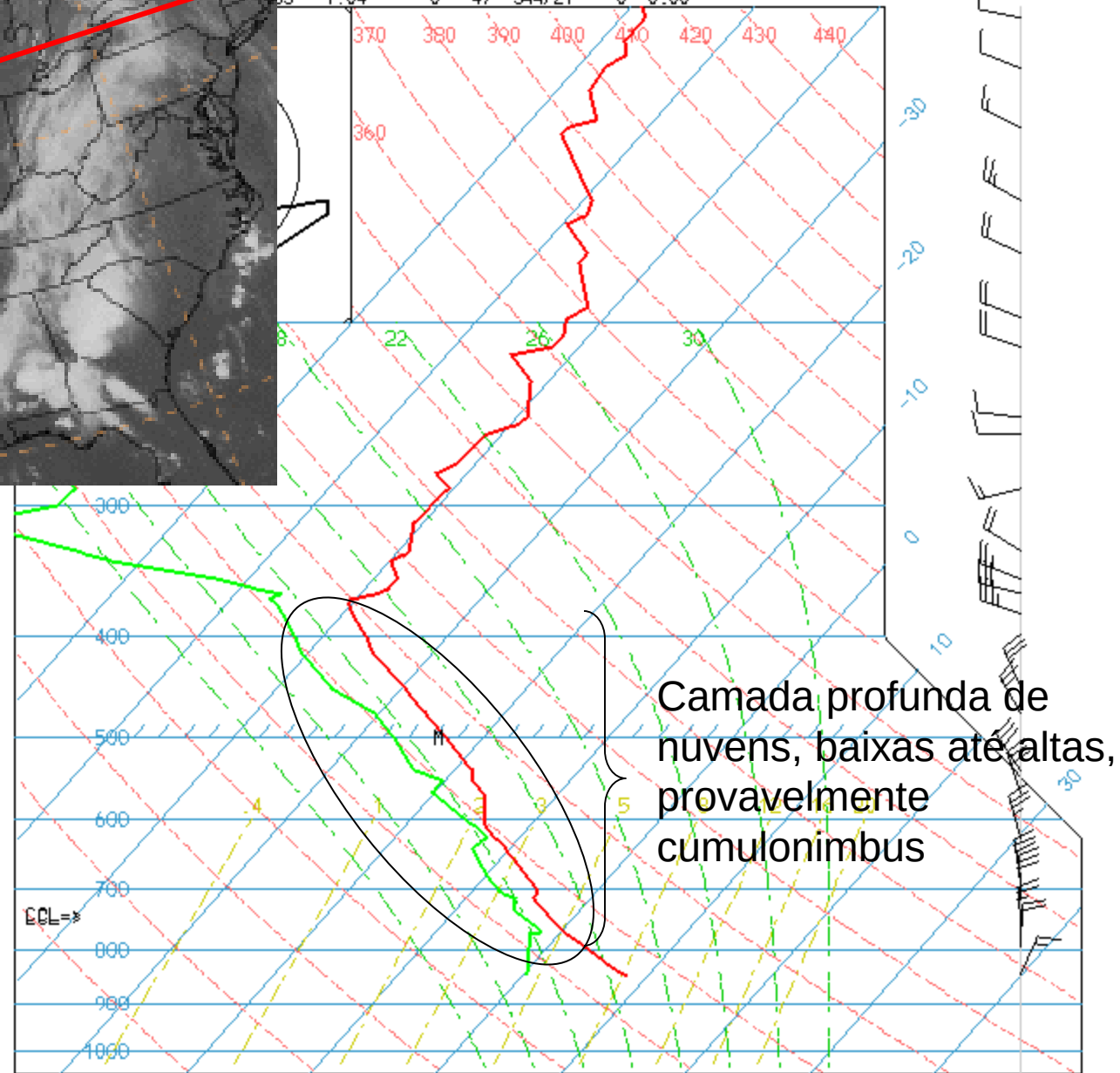


SKEW-T/LOG-P VALID 0000 UTC 09/22/2009 KFFC

Lat = 33.35 , Lon = -84.57

Denver

Pw (cm) CAPE Tc CELL SREH VGP
53 1.04 0 47 344/27 0 0.00

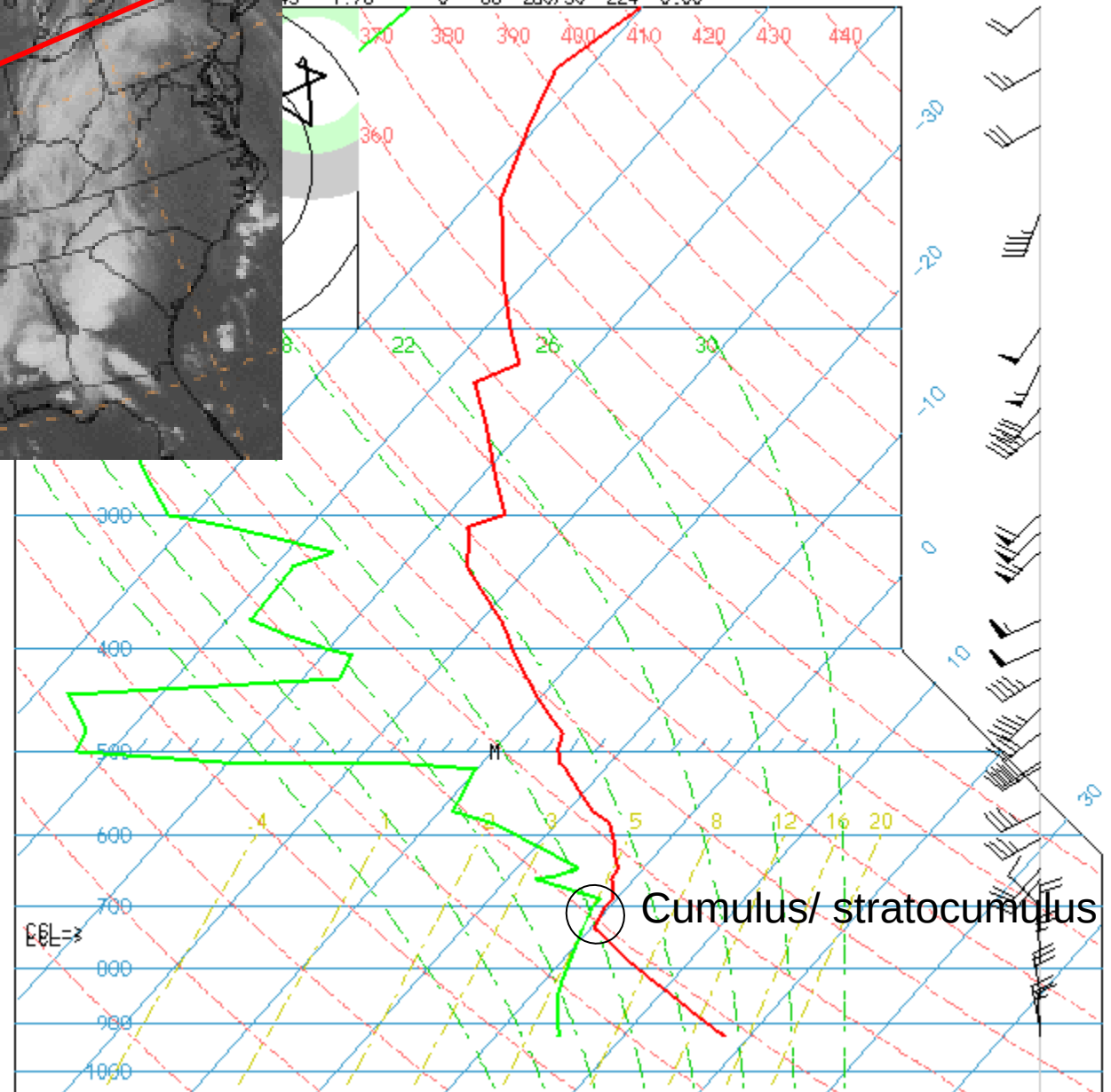


SKEN-T/LOG-P VALID 0000 UTC 09/22/2009 KDNR

Lat = 39.75 , Lon = -104.87

Dodge City

TT Pw (cm) CAPE Tc CELL SREH VGP
43 1.78 0 66 280/30 224 0.00



SKEW-T/LOG-P VALID 0000 UTC 09/22/2009 KDDC

Lat = 37.77 , Lon = -99.97