

Universidade Federal de Itajubá  
Ciências Atmosféricas

# Guia prático

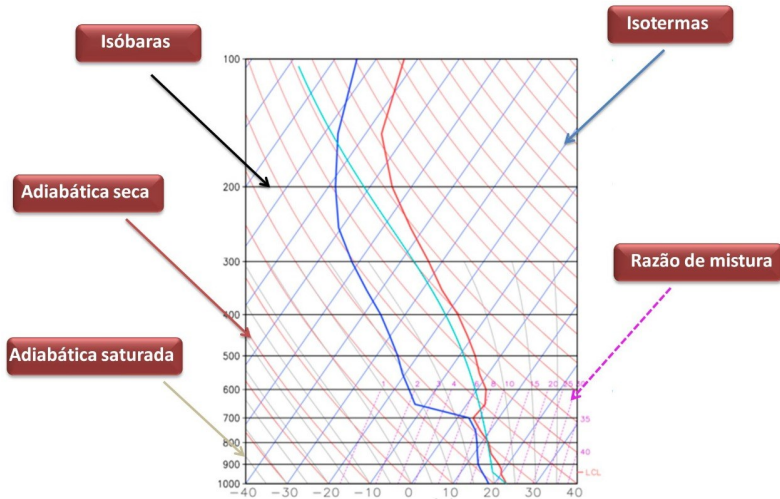
# Diagrama Skew-T

Fabiana Teixeira de Souza  
Ivana Riêra Pereira Bastos  
Raquel Gonçalves Pereira  
Thais Ap. Cortez Pinto

O diagrama Skew-T Log-P,  
ou, simplesmente,  
**diagrama Skew-T**,  
descreve o perfil vertical  
da atmosfera.

É utilizado para análise e  
previsão de tempo, pois  
**avalia as condições das  
variáveis meteorológicas** e,  
principalmente, possibilita  
**classificar a atmosfera**  
quanto a instabilidade ou  
estabilidade.

É composto por **isóbaras**, **isotermas**, **razão de mistura**, **adiabáticas seca e saturada** (figura 1).



**Figura 1.** Representação ilustrativa de um diagrama Skew-T log-P.

A **linha verde-água** representa a **temperatura da parcela ( $T_p$ )**, a **linha azul** representa a **temperatura do ponto de orvalho ( $T_d$ )** observada no dia e a **linha vermelha** representa a **temperatura do ar ( $T$ )**.

A **temperatura do ponto de orvalho (Td)** é calculada através da equação abaixo:

$$T_d = T - ((100-UR)/5)$$

Onde:

Td = Temperatura do ponto de orvalho;

T = Temperatura do ar;

UR = Umidade Relativa.

Além das linhas destacadas acima, as expressões sinalizadas na figura 1 são definidas como:

- **Isóbaras:** Pressão constante;
- **Isotermas:** Temperatura constante;
- **Razão de mistura:** Massa de vapor dividida pela massa do ar seco;
- **Adiabática seca:** Taxa de variação de temperatura numa parcela de ar seco subindo ou descendo adiabaticamente (sem troca de calor);
- **Adiabática saturada:** Taxa de variação de temperatura em uma parcela de ar saturado subindo pseudo-adiabaticamente, onde todo o vapor condensado é precipitado à medida que a parcela sobe e que o correspondente calor latente de condensação fica para a parcela, diminuindo a taxa de resfriamento quando comparada ao processo seco.

Através do diagrama e dos perfis verticais das variáveis meteorológicas, é possível obter os **índices de instabilidade:**

- *Convective Available Potencial Energy (CAPE)*
  - Índice K
- Energia de inibição da convecção (CINE)
  - *Cross Totals (CT)*
  - *Vertical Totals (VT)*
  - *Total Totals (TT)*
- Índice de Levantamento (LI)
  - SWEAT
- Índice de Showalter (SWI)

Além da estimativa de água precipitável (pw).

# CAPE

## **Definição:**

É a quantificação da energia potencial disponível para a formação de uma convecção. Em geral, quanto maior é o CAPE, maior é a força das correntes ascendentes da tempestade [J/kg]. Ele é a área positiva de um diagrama termodinâmico (Skew T- Log P) (Houze, 1993).

## **Fórmula:**

$$CAPE_{Tv} = g \int_{NCE}^{NE} \frac{T_{vp} - T_{va}}{T_{va}} dz$$

Onde:

g: aceleração da gravidade;

T<sub>vp</sub>: temperatura virtual de uma parcela de ar;

T<sub>va</sub>: temperatura virtual do ambiente;

NCE; nível de convecção espontânea de uma parcela levantada;

NE; nível de equilíbrio.

BLUESTEIN (1993)

# CAPE

## Classificação:

| CAPE [J/kg]     | Potencial Convectivo    |
|-----------------|-------------------------|
| 0 a 1.000       | Marginalmente instável  |
| 1.000 a 2.500   | Moderadamente instável  |
| 2.500 a 4.000   | Acentuadamente instável |
| Maior que 4.000 | Extremamente instável   |

## Índice K

### Definição:

É uma medida do potencial de instabilidade [°C]. Quanto mais positivo for o índice K, maior será a probabilidade de tempestade.

### Fórmula:

$$K = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - (T_{700} + T_{d700}) \text{ [}^\circ\text{C ]}$$

GEORGE (1960)



## Índice K

Onde:

T850: temperatura do ar em 850hpa;

T500: temperatura do ar em 500hpa;

Td850: temperatura do ponto de orvalho em 850hpa;

Td700: temperatura do ponto de orvalho em 700hpa.

### **Classificação:**

| <b>Índice K [°C]</b> | <b>Formação de Tormentas</b>   |
|----------------------|--------------------------------|
| Menor que 20         | Ambiente estável               |
| 20 a 25              | Tormentas isoladas             |
| 25 a 30              | Tormentas amplamente dispersas |
| 30 a 35              | Tormentas dispersas            |
| 35 a 40              | Muitas tormentas               |

## Energia de inibição da convecção (CINE)

### **Definição:**

É o trabalho necessário para se elevar uma parcela de ar da superfície até seu nível de convecção, isto é, uma quantificação da energia que inibe a formação da convecção.

### **Fórmula:**

$$CINE_{Tv} = g \int_{SUP}^{NCE} \frac{T_{vp} - T_{va}}{T_{va}} dz \quad \text{BLUESTEIN (1993)}$$

Onde:

g: aceleração da gravidade;

T<sub>vp</sub>: temperatura virtual de uma parcela de ar;

T<sub>va</sub>: temperatura virtual do ambiente;

NCE; nível de convecção espontânea de uma parcela levantada;

SUP: refere-se a uma parcela em repouso na superfície terrestre.

## Energia de inibição da convecção (CINE)

### **Classificação:**

Quanto menor é o valor do CINE, mais difícil é a iniciação convectiva de uma parcela da superfície até o nível de condensação.

Valores típicos de CINE variam de 0 J/Kg, ou seja, nenhuma inibição até valores menores que dificultariam a parcela a ascender e começar o processo de formação de nuvem.

## Cross Totals (CT)

### **Definição:**

Expressa a combinação do teor de umidade nos baixos níveis com as temperaturas superiores.

## Cross Totals (CT)

### **Fórmula:**

$$CT = (T_{d850} - T_{500}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Onde:

$T_{d850}$ : temperatura do ponto de orvalho em 850hpa;

$T_{500}$ : temperatura do ar em 500hpa.

(MILLER, 1972)

## Vertical Totals (VT)

### **Definição:**

Expressa a taxa de variação de temperatura (*lapse-rate*) entre dois níveis.

### **Fórmula:**

$$VT = (T_{850} - T_{500}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Onde:

$T_{850}$ : temperatura do ar em 850hpa;

$T_{500}$ : temperatura do ar em 500hpa.

(MILLER, 1972)

## Total Totals (TT)

### **Definição:**

O **TT** é a **soma do CT e VT**. É utilizado para identificar potenciais áreas com desenvolvimento de tormentas convectivas [°C].

### **Fórmula:**

$$TT = CT + VT \quad [^{\circ}C]$$

Onde:

CT: Cross Totals ;

VT: Vertical Totals.

| Valor de TT [°C] | Classificação                           |
|------------------|---|
| Menor que 44     | Fraco potencial de atividade convectiva |
| 44 a 50          | Tormentas moderadas                     |
| 50 a 55          | Tormentas fortes                        |
| Maior que 55     | Tormentas muito fortes                  |

(MILLER, 1972)

# Índice de Levantamento (LI)

## Definição:

O LI [°C] é importante para analisar o grau de instabilidade atmosférica, especialmente quando combinada com o CAPE (NASCIMENTO, 2005).

## Classificação:

| Valor de LI [°C] | Classificação do ambiente   |
|------------------|---|
| Menor que 6      | Ambiente muito estável (sem possibilidade de tempestade)                          |
| 6 a 1            | Ambiente estável (pouca possibilidade de tempestade)                              |
| 1 a -2           | Ambiente pouco instável (possibilidade de tempestade, favorável a ascensão de ar) |
| -2 a -6          | Ambiente instável (possibilidade de tempestades severas)                          |
| Menor que -6     | Ambiente muito instável (grande possibilidade de tempestades severas)             |

# Índice de Levantamento (LI)

## **Definição:**

O LI [°C] é importante para analisar o grau de instabilidade atmosférica, especialmente quando combinada com o CAPE (NASCIMENTO, 2005).

## **Fórmula:**

$$LI = T500 - TP500 \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Onde:

T500: temperatura do ar em 500hpa;

TP500: temperatura de uma parcela de ar em 500 hPa após ascender.

(GALWAY, 1956)

# Severe Weather Threat Index

## SWEAT

### **Definição:**

Através de ponderações entre o TT, temperatura do ponto de orvalho e intensidade e direção do vento, este índice é utilizado para analisar o potencial de tempestades muito severas (formação de tornados).

### **Fórmula:**

$$SWEAT = 20(TT - 49) + 12Td_{850} + 2V_{850} + V_{500} + 125[\text{sen}(\|\Delta V_{500-850}\|) + 0.2]$$

Onde:

TT: Total Totals;

Td850: temperatura do ponto de orvalho em 850hpa;

V850: velocidade do vento em nós em 850

(NASCIMENTO, 2005)



# Severe Weather Threat Index (SWEAT)

## Classificação:

| Valor de SWEAT | Probabilidade de tempestades         |
|----------------|--------------------------------------|
| 250 a 300      | Possibilidade de tempestades         |
| 300 a 400      | Possibilidade de tempestades severas |
| Maior que 400  | Possibilidade de tornado             |

# Índice de Showalter (SWI)

## Definição:

Através da diferença entre a temperatura da parcela de ar e do ambiente em 500mb, mede a estabilidade atmosférica da atmosfera local.

## Fórmula:

$$SWI = T_{500} - T_{P500} \quad [^{\circ}C]$$

(SHOWALTER, 1947)

# Índice de Showalter (SWI)

## Classificação:

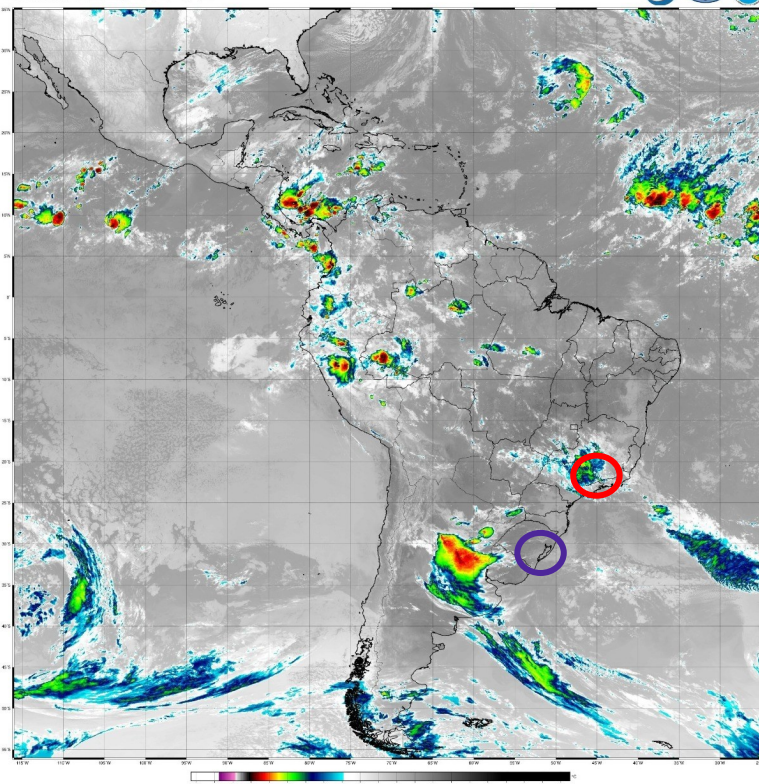
| Valor de SWI | Probabilidade de tormentas                                 |
|--------------|--|
| 3 a 1        | Possíveis tormentas (precisa de forte gatilho)             |
| 0 a -3       | Instável (prováveis tormentas)                             |
| -4 a -6      | Muito instável (potencial para tormentas fortes)           |
| Menor que -6 | Extremamente instável (potencial para tormentas violentas) |

## EXEMPLO DE REGIÕES COM DIFERENTES PERFIS TERMODINÂMICO

Será apresentada a comparação entre perfis termodinâmicos para o mesmo dia e localidade diferente. A imagem de satélites foi extraída do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) (<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/>). Esses dados são processados operacionalmente na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do CPTEC/INPE e são de acesso livre. A imagem é do dia 02 de dezembro de 2020 às 12:00 UTC do canal infravermelho (canal 13).

E as imagens de Skew-T foram obtidas do site de Ciências Atmosféricas-UNIFEI (<https://meteorologia.unifei.edu.br/produtos/skewt/>) para o dia 02 de dezembro às 12:00 UTC.

GOES 16 - CANAL\_13 (10,30 microns)  
América Latina: 202312021200 - 202312021209 GMT



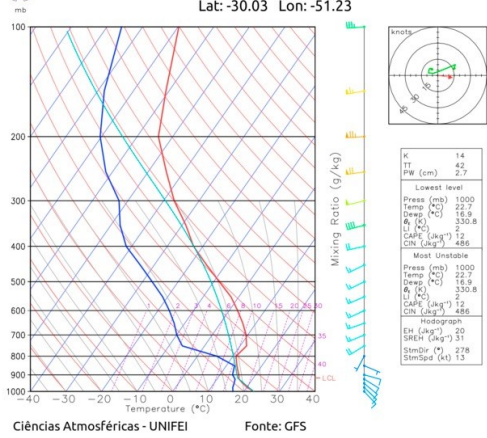
**Região 1:** Nessa localidade, pode-se observar poucas nuvens. Para fazer a comparação com o Skew-T, foi utilizada a cidade de Porto Alegre – RS (página a seguir).

**Região 2:** Enquanto que para a região 2, nota-se muita nebulosidade, e foi usado o Skew-T de Itajubá– MG (página a seguir).



### Skew-T log-P

Data: 12 UTC 02/12/2020  
Rodada: 27/11/2020 - Previsão  
Cidade: Porto Alegre-RS  
Lat: -30.03 Lon: -51.23

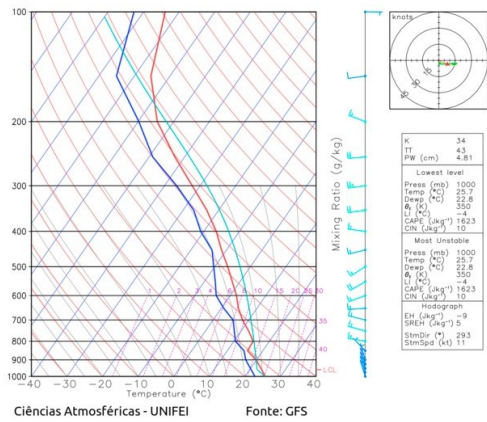


**Região 1:** As linhas de **Td** e **T** estão distantes, apontando um ambiente seco. É preciso abaixar muito a **T** para chegar na **Td** (processo de condensação).



### Skew-T log-P

Data: 12 UTC 02/12/2020  
Rodada: 27/11/2020 - Previsão  
Cidade: Itajubá-MG  
Lat: -22.42 Lon: -45.45



**Região 2:** Enquanto que para a região 2, observa-se que **Td** e **T** estão mais próximas, indicando um ambiente úmido.

# REFERÊNCIAS

BLUESTEIN, H. B. Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Volume II: Observations and Theory of Weather Systems. Oxford University Press, New York, EUA, 1993. 594 p

GALWAY, J. G. The lifted index as a predictor of latent instability. Bull. Amer. Meteor. Soc., v. 43, p. 528-529, 1956.

GEORGE, J. J. Weather Forecasting for Aeronautics, Academic Press, 1960. 673 p.

GRAMPIAN WEATHER SERVICES.  
Thunderstorms Forecast: Indices.  
Disponível em: <<https://www.frenchscotpilotweather.com/ts-indices>>. Acesso em: 20 de novembro de 2020.

HOUZE, R.A. Cloud Dynamics. San Diego, Academic Press, 573 p. 1993.

MATOS, E.V. Notas de aula CAT121 – Ferramentas de Previsão de Curtíssimo Prazo (nowcasting). CAP04 – Técnicas Pré-Convectivas. Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais – Brasil.

# REFERÊNCIAS

MILLER, R. C. Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central. Washington: Air Weather Service, United States Air Force, 1972. 190 p. (Tech. Report 200).

NASCIMENTO, E.L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: Uma estratégia operacional adotável no Brasil? Revista Brasileira de Meteorologia, 20 (1), 121-140. 2005.

REBOITA, S. M. Notas de aula CA-T012 – Meteorologia Sinótica I. Índices de Instabilidade. Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais – Brasil.

SHOWALTER, A. K. A stability index for forecasting thunderstorms. Bull. Amer. Meteor. Soc., v. 34, p.250-252, 1947